This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

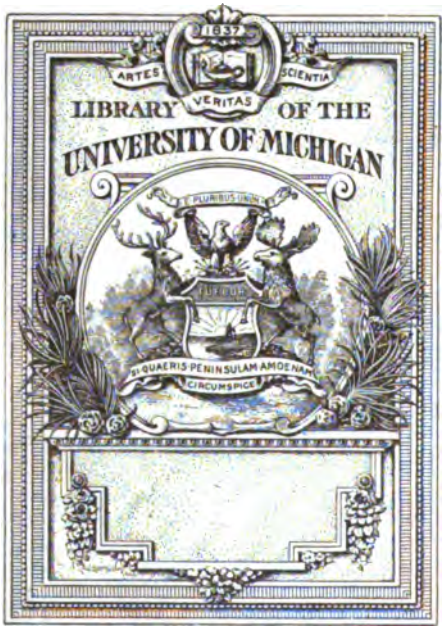
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



THE GIFT OF
Dr. Guy Cooper

Q
113
.A665

Dominique François Jean

(Franz) Arago's

sämmtliche Werke.

Mit einer Einleitung

von

Alexander von Humboldt.

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Vierzehnter Band.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1859.

Populäre Aſtronomie

von

Franz Arago.

(Nach der von J. A. Barral beſorgten franzöſiſchen Ausgabe.)

Deutſche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Profeſſor der Phyſik an der Univerſität Leipzig.

Vierter Band.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1859.

Populäre Aſtronomie

mit einigen Nachträgen und Bemerkungen verſehen, welche in der franzöſiſchen Ausgabe nicht enthalten ſind.

Vierter Band.

Dreiundzwanzigstes Buch.

Allgemeine Anziehung.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Von allen Resultaten, welche den Ruhm der neuern Astronomie begründet haben, erscheint den mit den Gesetzen der Mechanik des Himmels unbekannten Personen keines so wunderbar, als die Bestimmung der Masse der Gestirne. Wenn daher ein Astronom, der sich die Erklärung der Wunder des Firmaments vor einem gebildeten Publikum zur Aufgabe gestellt hat, beim Beginne seines Vortrages den Fehler begeht, die Zahlenwerthe der Planetenmassen anzuführen; wenn er also z. B. sagt, ich werde beweisen, daß die Sonne, in die eine Schale einer Wage gelegt und der Anziehungskraft der Erde unterworfen, 354936 dem Erdkörper gleiche, in die andere Schale aufgehäufte Kugeln erfordert, um im Gleichgewicht gehalten zu werden: so bemächtigt sich ein lebhaftes Gefühl des Unglaubens seiner Zuhörer, und hört man die Beweisführung des Redners an, so geschieht dies nur, um über seine Gewandtheit Trugschlüsse zu bilden, ein Urtheil zu gewinnen. Indessen ist es eben jener Gegenstand, zu welchem die naturgemäße Reihenfolge der Ideen mich unvermeidlich führt. Ich habe geglaubt, daß ich, wofern ich nicht algebraischer Formeln bedürfte, mir die Genugthuung nicht zu versagen hätte, meinen Lesern eine hinreichend klare Vorstellung von den Verfahrungsweisen zu geben, *mittelst* deren es gelungen ist, die Planeten zu wiegen. Selbst

wenn ich hier meine Ideen vollständig entwickelte, so würde man sehen, daß ich, obschon in der That sämmtliche fundamentale Principien der Theorie der Anziehung zu erläutern wären, doch weniger fürchtete, nicht verstanden zu werden, als diejenigen, welche geduldig der Beweisführung bis zu Ende gefolgt wären, ausrufen zu hören: Wie, weiter war es Nichts!

Zweites Kapitel.

Gesetze der Anziehung, welche die Körper auf einander ausüben.

Wird ein Körper sich selbst überlassen, so fällt er zur Erde; indeß kann ein träger Körper, d. h. ein solcher, welcher keine willkürliche Bewegung besitzt, und daher gegen Ruhe sowie gegen Bewegung gleichgültig ist, seinen Ort nicht verändern, nicht fallen, sich nicht abwärts bewegen, außer wenn ihn eine Kraft dazu antreibt. Alle Elemente dieser Kraft gehen von den materiellen Theilchen aus, welche unsere Erde bilden, und die Gesammtheit, die Resultirende derselben erzeugt das, was wir Anziehung, Attraction, Gravitation, Schwere dieses Körpers nennen.

Da die Gesammtkraft, welche auf ein bestimmtes angezogenes Molecül wirkt, die Summe der Wirkungen von allen materiellen Molecülen des anziehenden Körpers ist, so wird dieselbe rücksichtlich ihrer Intensität der Anzahl dieser letztgenannten Molecüle proportional sein. Machen wir also z. B. die Annahme, daß unsere Erde, ohne ihre Dimensionen zu verändern, um ein Hundertstel dichter würde, daß sie also in demselben Volumen ein Hundertstel mehr Materie einschlösse: so müßte ihre Anziehungskraft auf die an ihrer Oberfläche befindlichen Körper um ein Hundertstel größer werden als zuvor.

Hiedurch dürfte also der wahre Sinn des folgenden, so häufig gebrauchten Ausdruckes

die Anziehung ist der Masse proportional

völlig klar sein.

Auf welche Weise müßte sich aber eine Aenderung in der Masse, oder was dasselbe sagt, in der Anziehungskraft unserer Erde kund

thun? Dies würde durch eine entsprechende Aenderung in der Geschwindigkeit der fallenden Körper geschehen. Diese Geschwindigkeit (welche man während einer sehr kurzen Zeit als gleichförmig betrachten kann) muß in der That proportional der Kraft sein, die sie erzeugt. Nun verhält sich aber diese Kraft wie die Masse, folglich wird auch jene Geschwindigkeit der Masse proportional sein. Gegenwärtig durchläuft ein schwerer Körper in der ersten Secunde seines Falles zu Paris 4,9 Meter (oder $15^1/_4$ Fuß). Wüchse die Masse der Erde um ein Hundertstel, so würde der in jener ersten Secunde durchlaufene Raum sich ebenfalls um ein Hundertstel vermehren; anstatt 4,9 Meter würde man also $4{,}9 + 0{,}049$ oder 4,949 Meter finden. Jetzt dürfte man ahnen, wie Geschwindigkeiten zur Ermittelung der Massen dienen können. Doch ich will weiter gehen.

Die Größe, um welche ein schwerer Körper infolge der Einwirkung der Erde in einer Secunde fällt, vermindert sich mit der Erhebung über den Boden. Sie ist auf dem Gipfel eines hohen Berges schon merklich kleiner als im Niveau des Meeres. Die Kraft, welche diese Geschwindigkeit erzeugt, d. h. die den materiellen kleinsten Theilchen innewohnende Kraft, nimmt also ab, wenn die Entfernung wächst. Man mußte das Gesetz dieser Verminderung suchen. Die Auffindung desselben ist die Hauptentdeckung Newton's; denn er war es, welcher bewies, daß in der Entfernung 2 die anziehende Kraft eines Körpers 2×2 oder 4mal kleiner ist, als in der Entfernung 1; daß in der Entfernung 3 dieselbe 3×3 oder 9mal kleiner ist, als in der Entfernung 1; daß sie in der Entfernung 10 nur den hundertsten Theil ($10 \times 10 = 100$) von dem in der Einheit der Entfernung ausgeübten Werthe beträgt u. s. f. Da in der Mathematik das Product einer Zahl mit sich selbst das Quadrat dieser Zahl heißt, so lassen sich alle jene besonderen Fälle in den allgemeinen Satz zusammenfassen:

Die anziehende Kraft eines Körpers nimmt proportional dem Quadrate der Entfernungen ab.

Vorhin sahen wir, daß Messungen von Geschwindigkeiten uns zur Bestimmung von Massen führen können, und jetzt haben wir die gebieterische Nothwendigkeit erkannt, die Entfernung in Betracht zu

ziehen, in welcher der Versuch über die Geschwindigkeit angestellt worden ist.

Um übrigens ein Bedenken zu beseitigen, das sich dem Leser in Betreff der Annahme der Entfernungen bei anziehenden Körpern von beträchtlichen Dimensionen darbieten könnte, wird Nachfolgendes hier am rechten Orte sein.

Wenn ein kleiner Körper auf der Erdoberfläche z. B. 10 Meter gehoben, und dann sich selbst überlassen wird, so fällt er, und wir haben die Ueberzeugung, daß dies infolge der individuellen Wirkung geschieht, welche jedes Molecül der Erde auf denselben ausübt. Aber alle diese Molecüle besitzen keineswegs einen und denselben Abstand vom schweren Körper. Die Molecüle der Oberfläche an dem Orte, über welchen vertical der schwere Körper sich befindet, sind gemäß unserer Annahme nur 10 Meter entfernt. Für die im Mittelpunkte der Erde gelegenen Molecüle würde die Entfernung dagegen z. B. auf dem Pantheonplatze 6365417 + 10 Meter, und für die auf der abgewandten Seite der Erde gelegenen nahe das Doppelte dieser Zahl betragen. Man sollte wirklich für unmöglich halten, die Summe der Wirkungen von soviel Milliarden in so verschiedenen Abständen befindlicher Molecüle auf einen einfachen Werth zurückzuführen; und in der That ist die Aufgabe auch unlösbar, wenn der anziehende Körper eine unregelmäßige Gestalt hat; ist letztere dagegen kugelförmig, so wird die Berechnung merkwürdig einfach. Newton hat nämlich das folgende sehr wichtige andere Gesetz bewiesen:

Die Gesammtwirkung aller in dem Raume einer Kugel gleichförmig vertheilten materiellen Molecüle auf einen außerhalb gelegenen Punkt ist dieselbe, als wenn sämmtliche Molecüle im Mittelpunkte der Kugel vereinigt wären.

Sobald es sich also um genau oder annähernd kugelförmig gestaltete Körper handelt, brauchen wir uns nicht um die theils größern, theils kleinern Entfernungen der verschiedenen anziehenden Molecüle vom angezogenen Punkte Sorge zu machen; Alles verhält sich dann gerade so, als ob sämmtliche Molecüle sich im Mittelpunkte der Kugel befänden; der Newton'sche Lehrsatz berechtigt uns von vornherein, nur

eine Entfernung, und zwar die Entfernung jenes Mittelpunktes vom angezogenen Punkte in Betracht zu ziehen.

Nachdem wir bisher die Anziehung des Erdkörpers auf einen in Ruhe befindlichen Körper betrachtet haben, müssen wir nun jetzt auch die Frage, wie die anziehende Kraft der Erde auf einen in Bewegung begriffenen Körper wirkt, der Erörterung unterwerfen.

Gesetzt eine in einer gewissen Höhe aufgestellte Kanone sei vollkommen horizontal gerichtet. Die Kugel wird aus diesem Geschütz auch horizontal austreten; aber ein Jeder weiß, daß sie bald diese Richtung verläßt, daß sie allmälig sinkt und endlich auf die Erde fällt. Niemand zweifelt mehr, daß dieses allmäliche Sinken der Kugel durch die anziehende Kraft der Erde erzeugt wird; es dürfte aber nicht in gleicher Weise bekannt sein, ob diese Kraft in ihren Einwirkungen durch die Geschwindigkeit, mit welcher die Kugel vorwärts geht, Aenderungen erleidet. Ein sehr einfacher Versuch soll uns darüber Aufschluß geben.

Wir wollen annehmen, daß der Kanone gegenüber eine verticale Mauer in solcher Entfernung von ihr stehe, daß die Kugel gerade eine Secunde gebraucht, um dieselbe zu erreichen. Bezeichnen wir nun genau den Punkt, auf welchen die Axe des Geschützes gerichtet ist, den die Kugel also treffen müßte, wenn sie sich in gerader Linie bewegte und während ihres Fluges nicht von der Erde angezogen würde. Der Punkt der Mauer, welchen die Kugel wirklich trifft, wird dann merklich tiefer liegen als der Visirpunkt, und der verticale Abstand des ersten Punktes vom zweiten ist das Maaß für die Wirkung, welche die Schwere innerhalb einer Secunde auf einen Körper ausgeübt hat, der sich mit einer sehr großen horizontalen Geschwindigkeit fortbewegt. Der Versuch gibt für diesen Abstand 4,9 Meter, also genau dieselbe Größe, um welche die in die Höhe gehobene und dann frei sich selbst überlassene Kugel in verticaler Richtung herabfällt.

Wir können uns auch die Mauer in größerer Entfernung von der Kanone stehend denken; gesetzt die Kugel gebrauche zwei Secunden, um sie zu erreichen. Der Punkt, welchen diese Kugel trifft, wird dann noch viel tiefer unter dem Visirpunkte liegen, als im vorhergehenden Versuche; aber jedes Mal wird der Abstand der genannten beiden

Punkte genau gleich sein derjenigen verticalen Höhe, um welche ein sich selbst überlassener Körper unter dem Einflusse der Schwere in zwei Secunden fällt.

Wir können also den allgemeinen Satz aufstellen: Die Anziehungskraft der Erde übt auf einen in Ruhe befindlichen Körper dieselbe Wirkung aus, wie auf einen in Bewegung begriffenen, wenn jene Wirkung in der Richtung selbst, in welcher die Anziehung erfolgt, gemessen wird.

Der Mond wird uns ein neues Mittel liefern, um diesen letzten Ausspruch sowie das Gesetz über die Abnahme der Anziehungskraft mit dem Quadrate der Entfernungen zu bestätigen. In der That läßt sich der Mond von Seiten der Astronomen und Mathematiker einfach wie ein geworfener Körper betrachten, der bei Entstehung der Welt mit einer hinreichend starken Kraft, um unaufhörlich um die Erde zu kreisen, fortgeschleudert wurde, ebenso wie es jetzt, wenn die Atmosphäre nicht existirte, eine mit hinreichender Geschwindigkeit nahe an der Oberfläche der Erde horizontal abgeschossene Kugel thun würde.

In C (Fig. 305) stehe die Erde, und um dieselbe bewege sich der Mond z. B. in der Richtung von rechts nach links. A sei der Ort,

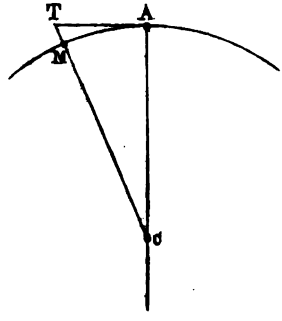


Fig. 305. — Anziehung der Erde auf den Mond.

welchen dieses Gestirn jetzt einnimmt. Im Augenblicke, wo der Mond den Punkt A verläßt, bewegt er sich in der Richtung des kleinen in A befindlichen Elements seiner krummlinigen Bahn, d. h. in der Richtung

der geradlinigen Tangente AT. Indeß wird der Mond den Radius CT (fast hätte ich anstatt des Radius wie vorher bei der Kugel verticale Mauer gesagt) nicht in T, sondern vielmehr in M treffen. Nun hat aber der Mond die Richtung AT, in welcher er sich bewegt, nicht verlassen können, ohne daß eine Kraft ihn von dieser ersten Bahn ablenkte; und diese Kraft ist keine andere, als die anziehende Kraft der in C befindlichen Erde; sie hat auf unsern Satelliten während des Zeitraumes gewirkt, welchen dieser Himmelskörper gebraucht hat, um vom Radius CA auf den Radius CMT zu gelangen, sie hat ihn angezogen, ihn um die Größe TM, der Entfernung vom Visirpunkte T (wenn ich mich so ausdrücken darf) bis zu dem wirklich von dem Monde getroffenen Punkte M, fallen lassen.

Der Beweis dieses Ausspruches wird durch folgende Beobachtungen und Rechnungen geliefert.

Mittelst eines directen Verfahrens bestimmt man den Winkel, welchen der von der Erde in einem gewissen Zeitpunkte nach dem Monde gezogene Radius CA mit dem eine Zeitsecunde später nach demselben Gestirne gerichteten Radius macht. Der Radius CA, der Abstand des Mondes von der Erde, ist in Meilen oder Metern bekannt. Dann muß man (was nicht schwer auszuführen) für den Winkel ACM, welcher die Winkelbewegung des Mondes in einer Secunde mißt, berechnen, um wieviel der Endpunkt der Tangente T von dem auf dem Kreisbogen AM gelegenen Punkte M absteht, d. h. um welchen Bruchtheil eines Meters der Mond in einer Secunde gegen die Erde hin gefallen ist. Die Rechnung ergibt 0,001360 Meter als Fallraum des Mondes.

Der Raum, welchen in Paris ein Körper zurücklegt, wenn er an der Oberfläche der Erde, d. h. in 858 Meilen Entfernung vom Mittelpunkte derselben, frei sich selbst überlassen wird, beträgt 4,9 Meter. Um nun die Größe zu berechnen, um welche er fallen würde, wenn er sich von diesem Mittelpunkte bis in die Region des Mondes, d. h. bis auf 51500 Meilen (Bd. 13, S. 314) entfernte, müßten wir die vorhergehende Zahl im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen verkleinern. Das Resultat dieser einfachen Rechnung gibt den Werth der Größe MT fast völlig genau so, wie wir ihn aus der Geschwindigkeit

des Mondes und den Dimenſionen ſeiner Bahn hergeleitet hatten; denn wir erhalten auf dieſem Wege 0,001352 Meter für den Fall des Mondes gegen die Erde in einer Secunde. In der That iſt alſo die Kraft, welche in ihren Wirkungen von uns täglich auf der Oberfläche der Erde beobachtet wird und den Fall ſchwerer Körper bewirkt, auch diejenige, welche unſern Satelliten in der Bahn, die er um unſere Erde beſchreibt, erhält; ſie erſcheint im Vergleich zu der an der Erdoberfläche wirkenden nur im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen geſchwächt, und zwar, wie ich nochmals hinzuſetze, ohne daß der Umſtand, daß der Mond ſich bewegt, dabei in Betracht gezogen zu werden braucht.

Durch die eben erläuterten Rechnungen gelangte der unſterbliche Newton zu ſeiner großen Entdeckung des Princips der allgemeinen Schwere oder Gravitation.

Newton war es gelungen, den Beweis zu führen, daß eine anziehende Kraft, welche von einem Punkte ausgeht und im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen wirkt, nothwendig einen ihrem Einfluſſe unterworfenen Körper eine Ellipſe oder allgemein einen Kegelſchnitt, in deſſen einem Brennpunkte der anziehende Punkt ſteht, beſchreiben läßt. Gleichen die durch eine ſolche Kraft erzeugten Bewegungen genau den Bewegungen der Planeten, ſowohl in Bezug auf die Geſchwindigkeit in jedem Punkte, als auch in Bezug auf die Geſtalt der Bahn? Dies mußte nachgewieſen werden, wenn das große Geheimniß des Weltſyſtems entdeckt werden ſollte. Newton entſchloß ſich, dieſen Nachweis an der Bewegung des Mondes zu führen, der in ſeiner allmonatlich durchlaufenen Bahn durch eine nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtete Kraft gehalten werden ſollte. Dieſe Kraft mußte derjenigen genau gleich ſein, welche die Körper auf der Oberfläche der Erde zum Niederfallen antreibt, nur vermindert im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen. Um jedoch dieſe höchſt einfache Rechnung ausführen zu können, bedurfte es der Kenntniß des Erdhalbmeſſers. Als nun Newton 1665 und 1666 ſeine Theorie der entſcheidenden Prüfung durch die Erfahrung unterwerfen wollte, waren die damals über die Größe der Erde vorliegenden Angaben zu ungenau, ſo daß er mit ihnen einen um $^1/_6$ größeren Werth erhielt

als ſolcher aus der Umlaufsbewegung unſeres Satelliten folgte. Zum Glück hatte aber Picard 1669 endlich einen ſehr genäherten Werth für die Länge eines Meridiangrades erhalten (Bd. 13, S. 11) und als im Jahre 1680 die Reſultate des franzöſiſchen Akademikers in der königlichen Geſellſchaft zu London mitgetheilt wurden, beſchloß Newton ſeine Rechnung über die Größe, um welche der Mond in einer Secunde gegen die Erde fällt, wieder aufzunehmen. Diesmal ſtimmte die Rechnung vollſtändig mit der großartigen Idee Newtons, daß die Schwere mit dem Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde abnimmt, überein. Es wird erzählt, daß dieſe Uebereinſtimmung den berühmten Verfaſſer des Werkes Philosophiae naturalis principia mathematica in eine ſolche nervöſe Aufregung verſetzte, daß er ſeine Rechnung nicht zu prüfen vermochte, und ſich genöthigt ſah, dazu die Hülfe eines Freundes in Anſpruch zu nehmen.

Die Idee, alle Erſcheinungen im Univerſum von einem einzigen Principe abhängig zu machen, war nicht neu; ſie wird in allen phyſiſchen Schriften des Ariſtoteles angetroffen. „Aber," bemerkt mein Freund Alexander von Humboldt, „der mangelhafte Zuſtand des Wiſſens, die Unbekanntſchaft mit der Methode des Experimentirens, d. h. des Hervorrufens der Erſcheinungen unter beſtimmten Bedingniſſen, hinderte ſelbſt kleine Gruppen phyſiſcher Proceſſe in ihrem Cauſalzuſammenhange zu erfaſſen. Alles wurde reducirt auf die immer wiederkehrenden Gegenſätze von Kälte und Wärme, Feuchtigkeit und Dürre, primitiver Dichtigkeit und Dünne; ja auf ein Bewirken von Veränderungen in der Körperwelt durch eine Art innerer Entzweiung (Antiperiſtaſe), welche an unſere jetzigen Hypotheſen der entgegengeſetzten Polarität, an die hervorgerufenen Conträſte von + und — erinnert [1])."

Plato hatte von der allgemeinen Anziehung eine weniger unklare Vorſtellung als Ariſtoteles; zur Idee von der Einheit des Weltſyſtems hat ſich der große Philoſoph aber nicht erhoben. „Er hat," ſagt Th. H. Martin in ſeiner ſchönen Arbeit über den Timäus, „allerdings geſehen, daß der Erdkörper auf allen Seiten ein Anziehungsmittelpunkt für die ſchweren Körper iſt, welche man von ihm trennt, und dem Anaxagoras gegenüber bewieſen, daß keine Hemiſphäre

mehr obere oder untere iſt als die andere (entgegengeſetzte); da er aber die Flamme gegen den Himmel ſich richten ſah, konnte er nicht glauben, daß ſie nach demſelben Centrum wie das Waſſer und die Steine angezogen würde. Infolge deſſen nahm er an, daß Körper von derſelben Beſchaffenheit ſich wechſelſeitig anziehen." Nach Plato gibt es vier Arten von Körpern, und für jede dieſer vier Arten exiſtirt eine beſondere Region, wo ſich die Hauptmaſſe einer jeden von ihnen findet, und in der alle im Weltall zerſtreuten Theilchen von derſelben Beſchaffenheit ſich zu vereinigen ſtreben.

Die Vorſtellung von Symmetrie verdrängte bei den meiſten griechiſchen Philoſophen die Vorſtellung einer Anziehung; Stoiker, Epikuräer, Peripatetiker ſtimmten in der Anſicht überein, daß die Körper nach dem Mittelpunkte der Welt ſtreben; gaben aber zu, daß die leichtern genöthigt würden, den ſchwereren zu weichen. Die ſchöne Entdeckung des Archimedes, daß jeder in Waſſer getauchte Körper ſo viel von ſeinem Gewichte verliert, als ein ihm gleiches Volumen Waſſer wiegt, konnte nur eine neue Verwirrung in die Meinung der Philoſophen bringen, und Cicero weiß nicht, ob nicht die Flamme und die Luft, die aufwärts ſteigen, blos durch die ſchwereren Körper zurückgeſtoßen oder naturgemäß nach den obern Regionen hingezogen werden. „Was Ptolemäus betrifft," ſagt Th. H. Martin in der Darlegung von Plato's Syſtem, „ſo behauptete er in ſeiner Abhandlung von dem Falle der Körper, welche von Simplicius angeführt wird, daß es vier Regionen gäbe, wo die Maſſe jedes der vier Elemente in der Natur ſich zu vereinigen ſtrebe, daß die Schwere die durch dieſes Streben erzeugte Kraft ſei, und daß alſo jede Art von Körpern in ihrer eigenen Region, z. B. das Waſſer im Waſſer, gar kein Beſtreben zu einer Ortsveränderung zeige, d. h. ohne alle Schwere ſei, und beruft ſich auf die Erfahrung der Taucher, welche das Gewicht des Waſſers nicht empfinden."

Plutarch hat in das platoniſche Syſtem eine glückliche Modification eingeführt. Aus dem Princip der Anziehung des Gleichartigen ſchließt er, daß das Ganze den Theil anziehe; daß alſo die Erde die irdiſchen, der Mond die lunariſchen, die Sonne die auf ihr befindlichen und ebenſo die übrigen Himmelskörper die zu ihnen gehörigen

Substanzen anziehen; er geht indeß nicht bis zu der Annahme, daß alle Himmelskörper einander anziehen, glaubt aber Grund zu der Untersuchung zu haben, weshalb der Mond nicht auf die Erde fällt. Er sagt:

„Indeß ist es die Bewegung des Mondes und die Gewalt seines Umschwunges, welche ihn vor dem Herabfallen schützt, ebenso wie die Steine und Kiesel und was man sonst in eine Schleuder legt, zu fallen verhindert wird, wenn man letztere heftig im Kreise herumschwingt. Denn jeder Körper bewegt sich gemäß seiner natürlichen Bewegung, wenn keine andere Ursache vorhanden ist, die ihn ablenkt. Dies ist der Grund, weshalb der Mond sich nicht gemäß der Bewegung seiner Schwere bewegt, indem seine Neigung zu fallen durch die Gewalt seines kreisförmigen Umlaufs abgewiesen und verhindert wird [2])."

Im Laufe der Zeit klärte sich die Idee der allgemeinen Schwere immer mehr. Vorhin haben wir die Meinungen des Plato und Aristoteles, 400 Jahre vor unserer Zeitrechnung kennen gelernt. Im sechsten Jahrhundert spricht Simplicius die Ansicht allgemein aus, daß das Gleichgewicht der Himmelskörper davon abhänge, daß die Centrifugalkraft das Uebergewicht habe über die Kraft, welche diese Körper nach den untern Regionen ziehe. Um dieselbe Zeit schreibt Johann Philopon, Schüler des Ammonius Hermeas, die Bewegung der Planeten einem ursprünglichen Impulse und einem constanten Triebe zu fallen zu. In der Mitte des sechzehnten Jahrhunderts glaubt Kopernikus, daß die Schwere eine natürliche Anziehung sei, welche aus jedem Himmelskörper ein Centrum mache, das auf das übrige Universum wirke. Dies war eine neue klar ausgesprochene Ansicht, welche Keppler bald darauf zum ersten Male der Rechnung unterwarf. Der berühmte Entdecker der Gesetze der planetarischen Bewegungen kam aber nur eine ungenaue Schätzung der gegenseitigen Schwere der Erde und des Mondes im Verhältniß ihrer Massen geben. „Denn," wie Delambre bemerkt, „infolge einer schwer begreiflichen Unachtsamkeit oder vorgefaßten Meinung glaubte Keppler, daß die Anziehung im Verhältniß der einfachen Entfernung wachsen müßte, obgleich er ganz bestimmt erklärt hatte, daß die Intensität des Lichtes

im Verhältniß der Oberflächen, auf denen es sich vertheilt, d. h. im Verhältniß des Quadrates der Entfernung, abnimmt.“ So hat Keppler an Newton den Ruhm überlassen, die physische Ursache, welche die Planeten geschlossene Bahnen durchlaufen läßt, aufzufinden, und in Kräfte das Princip der Erhaltung der Welt zu legen.

Drittes Kapitel.

Bestimmung der Sonnenmasse.

Nach den im vorhergehenden Kapitel gegebenen Erläuterungen können wir uns jetzt zu der Frage über die Bestimmung der Sonnenmasse im Vergleich zur Masse der Erde wenden.

Ein Himmelskörper, welcher bei demselben Abstande in der ersten Secunde einen doppelt, dreifach . . . , hundertfach größern Fall gegen seinen Mittelpunkt erzeugte, würde offenbar eine doppelt, dreifach . . . , hundertfach größere Masse besitzen als die Erde. Die Frage ist also auf folgende zurückgeführt: Durch welchen Raum treibt in einer Secunde die Sonne einen fallenden Körper gegen ihren Mittelpunkt, wenn derselbe ebensoweit wie unsere Erde von ihr entfernt ist? Auf den ersten Blick muß die eben gestellte Frage unlösbar erscheinen, weil wir uns behufs der Anstellung von Versuchen über den Fall schwerer Körper nicht auf die Oberfläche der Sonne begeben können; sie findet indeß ihre directe und unmittelbare Lösung in den Vorgängen bei der jährlichen Umlaufsbewegung der Erde. Zufolge dieser Bewegung beschreibt die Erde in $365^1/_4$ Tagen um die Sonne eine fast kreisförmige krumme Linie, deren Halbmesser 20000000 Meilen (Bd. 13, S. 281) übersteigt. Dividiren wir die 360 Grade, in welche dieser Kreisumfang getheilt wird, durch die Anzahl der in $365^1/_4$ Tagen enthaltenen Secunden, so wird der Quotient den sehr kleinen Bruchtheil eines Grades angeben, um welchen die Erde in einer Zeitsecunde in ihrer Bahn fortrückt. Gehen wir nun zu der S. 8 befindlichen Figur 305 zurück, versetzen die Sonne nach C, die Erde nach A, machen den Winkel ACM gleich der Winkelbewegung der Erde in einer

Secunde, und nehmen den Halbmeſſer der Bahn CA zu 20000000 Meilen, ſo werden wir ohne Schwierigkeit in Bruchtheilen von Meilen oder Metern die Größe TM berechnen können, um welche die Erde durch die Anziehung der Sonne gegen den Mittelpunkt der letztern in einer Secunde fällt. Kurz zuvor habe ich dieſen Werth für den Fall auf unſerer Erde angegeben; wir wiſſen, daß dieſelbe einen ungefähr 858 Meilen von ihrem Mittelpunkte entfernten Körper in einer Secunde um 4,9 Meter abwärts treibt, und werden nun nach dem Geſetze der Quadrate der Entfernungen leicht berechnen, wieviel ein Körper in demſelben Zeitraume gegen die Erde fallen müßte, wenn er 20000000 Meilen entfernt wäre. Sind aber die Abſtände in beiden Fällen gleich, ſo müſſen die Fallräume den Maſſen proportional ſein. Berechnet man alſo durch eine einfache Diviſion, wie oft der Fallraum gegen die Erde in dem Fallraume gegen die Sonne enthalten iſt, ſo erfährt man, wie viele Erdkugeln erforderlich ſind, um eine der Sonne gleiche Maſſe zu erhalten. Dies iſt wenigſtens im Princip, wenn auch nicht der Form nach der Weg, auf welchem man die bereits S. 3 dieſes Buches angeführte Zahl 354936 gefunden hat.

Welche Elemente ſind erforderlich geweſen, um dies Reſultat zu erreichen? Die Winkelbewegung unſerer Erde um die Sonne in einer Zeitſecunde und der Werth des Halbmeſſers der Erdbahn in Meilen ausgedrückt; Nichts weiter. Wir kannten aber die Geſetze der allgemeinen Schwere, die proportional den Maſſen und umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernung wirkt. Ohne Newton's großartige Entdeckung hätten ſolche Aufgaben nicht einmal geſtellt werden können. Bereits im 11. Bd. S. 408 ff. habe ich gezeigt, daß die Beobachtung der Bewegungen der Doppelſterne den Beweis für die Allgemeinheit der Newton'ſchen Attraction liefert, und daß man ebenſo wie wir es jetzt für die Sonne ausgeführt haben, auch die Maſſen der Sterne, deren relative Bewegungen bekannt ſein werden, muß berechnen können.

Viertes Kapitel.

Störungen der Planetenbewegungen.

Wenn man einen Planeten als vom Mittelpunkte der Sonne angezogen betrachtet, so gehorcht er ſtreng den Keppler'ſchen Geſetzen, und die von Newton in den erſten Kapiteln ſeines unſterblichen Werkes entwickelten Principien geben über alle Bewegungen ſeines Laufes Rechenſchaft. Die den Maſſen direct, den Quadraten der Entfernungen aber umgekehrt proportionale Anziehung liefert eine vollſtändige Löſung der Bewegungen zweier einander anziehenden Himmelskörper: jeder Planet beſchreibt mit großer Genauigkeit die Keppler'ſche Ellipſe um die Sonne, die in einem ihrer Brennpunkte ſteht; der Radius-vector, welcher den Planet mit der Sonne verbindet, überſtreicht den Zeiten proportionale Flächenräume, und die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten ſich wie die Cuben ihrer mittlern Abſtände von der Sonne (Bd. 12, S. 199 ff.). Dabei blieb Newton aber nicht ſtehen; vielmehr gab er ſeiner großen Entdeckung eine Allgemeinheit, welche die Keppler'ſchen Geſetze nicht verlangten; er nahm an, daß die verſchiedenen Planeten nicht allein von der Sonne angezogen würden, ſondern ſich auch unter einander anzögen. Durch dieſen großartigen Gedanken ſtellte Newton im Weltraume Urſachen auf, welche unvermeidlich eine Harmonie ſtören mußten, die man zu vorſchnell als vollkommen betrachtet hatte. Den Aſtronomen mußte alsbald auf den erſten Blick einleuchten, daß in keiner Region des Weltenraumes, weder nah noch fern, die Keppler'ſchen Bahnen und Geſetze zur genauen Darſtellung der Erſcheinungen ausreichen könnten, daß vielmehr die einfachen regelmäßigen Bewegungen, mit denen die Phantaſie ſchon von Alters her die Geſtirne auszuſtatten ſich gefallen hatte, zahlreichen, beträchtlichen und ewig wechſelnden Störungen unterworfen wären.

In der That, wenn man, anſtatt nur die Anziehung zweier Körper auf einander zu betrachten, deren drei nimmt, ſo ſieht man an der einen Stelle die Anziehung des neuen Körpers die Dimenſionen der elliptiſchen Bahn vergrößern, an der andern verkleinern; an gewiſſen

Punkten wirkt die neue Kraft in derſelben Richtung, in welcher die Bewegung des Geſtirns erfolgt, ſo daß eine Beſchleunigung derſelben eintritt, während an andern die Wirkung gerade die entgegengeſetzte iſt. Die Keppler'ſche Ellipſe erſcheint nur noch als eine rohe Annäherung an die wirkliche Bahn eines jeden Planeten; Anzeichen der Ordnungsloſigkeit treten an die Stelle des einfachen und regelmäßigen Ganges, auf welchen der Geiſt bis dahin mit Befriedigung blickte.

Newton hat den Ruhm, mehrere der Planetenſtörungen vorhergeſehen, ihren Grund nachgewieſen und in ein paar einzelnen Fällen auch ihren numeriſchen Betrag ermittelt zu haben. Indeß bieten die Principia mathematica nur eine großartige Skizze der wirklichen Bewegungen der Himmelskörper dar; es waren Wunderwerke von mathematiſcher Analyſe nöthig, um die Skizze in ein vollſtändiges Gemälde zu verwandeln. Der unvergleichliche Scharfſinn Newton's vermochte nicht die zukünftigen Entdeckungen, die unermeßlichen Arbeiten zu erſetzen, welche Clairaut, Euler, d'Alembert, Lagrange und Laplace vollenden mußten, jene fünf berühmten Mathematiker, die ſich in die Welt, deren Exiſtenz der unſterbliche Verfaſſer der Principien aufgedeckt hatte, theilten. Das Problem der drei Körper (unter dieſem Namen hat es ſeine Berühmtheit erlangt) oder die Aufgabe, die Bewegung eines der Anziehung zweier anderen Himmelskörper unterworfenen Geſtirnes zu beſtimmen, iſt zum erſten Male durch unſern Landsmann Clairaut gelöſt worden.

Die Störungen der elliptiſchen Bewegungen der Planeten können in zwei verſchiedene Klaſſen getheilt werden: die einen betreffen die Elemente der Bahnen, und die durch ſie bewirkten Veränderungen erfolgen mit außerordentlicher Langſamkeit; ſie werden deshalb ſeculare genannt; es ſind die ſchon früher Bd. 12, S. 232 beſprochenen. Die andern Störungen hängen von der Stellung der Planeten theils in Bezug auf einander, theils in Bezug auf ihre Knoten und Perihelien ab, und kehren wieder, ſo oft dieſe Stellungen dieſelben werden; ſie heißen periodiſche Ungleichheiten, um ſie von den ſecularen zu unterſcheiden, welche indeß, wie Laplace gezeigt hat, ebenfalls periodiſch ſind, deren viel längere Perioden aber nach der großartigen Theorie, welche der berühmte Verfaſſer der Mécanique

céleste und der Exposition du système du monde gegeben hat, von der gegenseitigen Stellung der Planeten unabhängig sind.

„Die einfachste Art," sagt Laplace, „die verschiedenen Störungen zu betrachten, besteht darin, daß man sich einen Planeten denkt, der sich den Gesetzen der elliptischen Bewegung gemäß auf einer Ellipse bewegt, deren Elemente durch unmerkliche Abstufungen sich ändern, und sich gleichzeitig vorstellt, daß der wahre Planet um diesen eingebildeten Planeten in einer sehr kleinen Bahn, deren Beschaffenheit von seinen periodischen Störungen abhängt, oscillirt."

Diese einfache Vorstellung gibt eine klare Idee von den zwei Arten der von den Astronomen und Mathematikern betrachteten Ungleichheiten.

Die Kenntniß der Sekularstörungen verdanken wir besonders den Arbeiten Newton's und Euler's. Die Excentricitäten der elliptischen Planetenbahnen sind veränderlich, d. h. sie nähern sich ganz unmerklich der Kreisform, oder entfernen sich von derselben. Die Neigungen dieser Ellipsen gegen die Elliptik oder gegen eine feste Ebene wachsen oder nehmen ab; die Perihelien und die Knoten sind in Bewegung. Werden die geringen Werthe aller dieser Aenderungen, indem sie sich im Laufe der Jahrhunderte summiren, eine Aenderung in dem Weltsysteme, wie es jetzt ist, zur Folge haben? Dieser entmuthigende Gedanke bemächtigte sich Newton's; der unsterbliche Verfasser der Principia ward an seiner Entdeckung zweifelhaft; er ging sogar bis zu der Annahme, daß das Planetensystem in sich nicht die zu einer unbegrenzten Dauer erforderlichen Elemente enthielte; er glaubte, daß eine allmächtige Hand von Zeit zu Zeit eingreifen müßte, um die Ordnung wieder herzustellen. Auch Euler, obgleich in der Kenntniß der planetarischen Störungen weiter als Newton vorgeschritten, nahm noch nicht an, daß das Sonnensystem für eine ewige Dauer eingerichtet sei. Niemals hat sich eine größere philosophische Frage der Wißbegierde der Menschen dargeboten. Laplace ging mit Kühnheit, Beharrlichkeit und Ausdauer ans Werk, und erhielt durch seine scharfsinnige Analyse den Satz, welcher die Erhaltung des Sonnensystems verbürgt, daß nämlich die große Axe jeder Bahn, und folglich gemäß dem dritten Keppler'schen Gesetze auch die Umlaufszeit jedes Planeten

eine constante Größe ist, oder wenigstens nur kleinen periodischen Schwankungen unterliegt. Diese wichtige Folgerung der Analyse, welche die Beständigkeit der mittleren Bewegungen der Planeten nach sich zieht, rührt daher, daß die Planetenbahnen nur geringe Excentricitäten besitzen und gegen einander nur wenig geneigt sind. Im Jahr 1773 gab der berühmte Mathematiker diesen Beweis. Lagrange und Poisson vervollkommneten ihn später, indem sie zeigten, daß er den Beschränkungen, welche Laplace nicht hatte beseitigen können, nicht unterworfen ist. Somit ist also festgestellt, daß die gegenseitige Anziehung der Planeten an der jetzigen Anordnung der planetarischen Welt Nichts ändern kann.

Nach der ersten Abhandlung von Laplace blieben noch mehrere wichtige Fragen übrig, welche derselbe gleichfalls mit glücklichstem Erfolge im Jahre 1784 löste. Er selbst faßt in der Exposition du système du monde diese neue Arbeit folgendermaßen zusammen: „Sind die elliptischen Planetenbahnen stets nahe kreisförmig gewesen und werden sie es immer sein? Sind nicht einige Planeten ursprünglich Kometen gewesen, deren Bahnen sich durch die Anziehung der andern Planeten nach und nach dem Kreise genähert haben? Wird die Abnahme der Schiefe der Ekliptik soweit fortgehen, daß die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfällt, was eine beständige Gleichheit von Tag und Nacht auf der ganzen Erde zur Folge haben würde? Alle diese Fragen beantwortet die Analyse auf eine genügende Weise. Es ist mir gelungen zu beweisen, daß, welches auch die Massen der Planeten sein mögen, schon vermöge des einzigen Umstandes, daß sie sich alle in derselben Richtung und in wenig excentrischen und gegen einander wenig geneigten Bahnen bewegen, ihre secularen Ungleichheiten periodisch und in enge Grenzen eingeschlossen sind, so daß das Planetensystem nur um einen mittlern Zustand oscillirt, von dem es sich stets nur um eine sehr kleine Größe entfernt. Die elliptischen Planetenbahnen sind daher stets nahe kreisförmig gewesen, und werden es immer sein, woraus folgt, daß kein Planet anfänglich ein Komet gewesen ist, wenigstens wenn man nur die gegenseitige Wirkung der Körper des Planetensystems berücksichtigt. Die Ekliptik wird niemals mit dem Aequator zusammenfallen, und der ganze Spiel-

raum der Veränderungen ihrer Neigung kann drei Grade nicht übersteigen."

Die großartigen so eben aufgeführten Arbeiten von Laplace gestatteten nicht mehr, wenigstens in unserem Sonnensysteme, die Newton'sche Attraction als eine Ursache der Unordnung zu betrachten; allein war es denn unmöglich, daß andere Kräfte sich mit dieser vermischten und jene allmälich anwachsenden Störungen erzeugten, welche Newton und Euler befürchteten? Bestimmte Thatsachen schienen diesen Befürchtungen Gewicht zu verleihen [3]).

Die alten Beobachtungen, mit den neueren verglichen, zeigten eine fortgesetzte Beschleunigung in der Bewegung des Jupiters an, so wie eine nicht weniger auffallende Verlangsamung in der Bewegung des Saturn. Die befremdlichsten Consequenzen ließen sich aus diesen Veränderungen ableiten.

Nach den angenommenen Ursachen dieser Störungen besagt die Behauptung, daß die Geschwindigkeit eines Sternes von Jahrhundert zu Jahrhundert zunehme, nichts Anderes, als daß er sich dem Mittelpunkte der Bewegung nähere. Dagegen mußte sich der Stern von demselben Centrum entfernen, wenn seine Geschwindigkeit abnahm.

So schien durch ein eigenthümliches Geschick unser Planetensystem bestimmt, seine geheimnißvollste Zierde, den Saturn, zu verlieren. Der Planet, welchen ein Ring und sieben Monde auf seinem Pfade begleiten, sollte sich allmälich in jene unbekannten Regionen entfernen, wohin das von den stärksten Fernröhren unterstützte Auge niemals durchzudringen vermag. Auf der anderen Seite würde Jupiter, neben dessen mächtigem Balle unsere Erdkugel so wenig bedeutet, durch einen entgegengesetzten Proceß zuletzt von der glühenden Masse der Sonne verschlungen werden.

Diese verhängnißvollen Prophezeiungen gingen nicht etwa aus bloßen Vermuthungen oder Vorurtheilen hervor. Die Ungewißheit konnte sich allein auf den genauen Zeitpunkt für den Eintritt der Katastrophen beziehen. Indessen wußte man, daß dieselben äußerst entfernt sein mußten, und so nahm das Publikum weder an den gelehrten Abhandlungen über dieses Thema, noch an den lebendigen Schilderungen gewisser Poeten großes Interesse.

Anders die gelehrten Gesellschaften. Ihnen war es schmerzlich, unser Planetensystem seinem Untergange entgegengehen zu sehen: die Akademie der Wissenschaften rief die Aufmerksamkeit der Geometer aller Länder auf diese drohenden Perturbationen. Euler, Lagrange versuchten sich an dieser Frage. Nie erglänzte ihr mathematisches Genie heller und lebhafter; dennoch blieb die Aufgabe ungelöst. Wo die Anstrengungen solcher Geister erfolglos waren, schien nichts als Resignation am Platze, als der Verfasser der Mécanique céleste auftrat und aus zwei von den bisherigen Analytikern nicht beachteten, versteckt liegenden Umständen die Gesetze jener großen Phänomene klar und deutlich herleitete.

Die mathematische Analyse hat nicht vermocht, den Werth der Ablenkungen, welche jeder Planet auf seinem Wege durch die vereinte Wirkung aller übrigen erfährt, in endlichen oder geschlossenen Ausdrücken darzustellen. In dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaften ergibt sich dieser Werth unter der Gestalt einer unbegrenzten Reihe von Gliedern, deren Größe sehr rasch abnimmt, je weiter man sich von den Anfangsgliedern entfernt. In der Rechnung nun vernachlässigt man von diesen Gliedern diejenigen, welche durch ihre Ordnung Größen entsprechen, die unter den Beobachtungsfehlern liegen. Es können aber Fälle eintreten, wo in jener Reihe nicht die Ordnung eines Gliedes allein entscheidet, ob sein Werth klein oder groß wird: gewisse numerische Verhältnisse zwischen den ursprünglichen Elementen der störenden und gestörten Planeten können bei Gliedern, welche für gewöhnlich zu vernachlässigen sind, merkliche Werthe erzeugen. Diesen Fall finden wir bei den vom Jupiter herrührenden Saturnstörungen und bei den Störungen des Jupiters, welche die Anziehung des Saturns hervorbringt. Zwischen den mittleren Bewegungen dieser beiden großen Planeten finden einfache commensurable Verhältnisse statt; die fünffache Geschwindigkeit des Saturns ist sehr nahe der doppelten Geschwindigkeit des Jupiters gleich; die Folge ist, daß Glieder, welche ohne diesen Umstand sehr klein sein würden, beträchtliche Werthe erhalten. Daraus ergeben sich in der Bewegung der beiden Himmelskörper Ungleichheiten von langer Periode, Perturbationen, welche zum Durchlaufen des Cyklus mehr als neun

Jahrhunderte erfordern und welche alle durch die Beobachtungen angezeigten Unregelmäßigkeiten auf das Genaueste darstellen.

Erstaunt man nicht mit Recht, daß in der Commensurabilität der Geschwindigkeiten, mit denen sich zwei Planeten bewegen, eine so mächtige Ursache zu Störungen liegt, daß von dem zufälligen numerischen Verhältnisse, wonach die fünffache Bewegung des Saturns der doppelten Geschwindigkeit des Jupiters nahezu gleich ist, die definitive Lösung einer ungeheuren Schwierigkeit abhängt, über welche selbst Euler's Genius nicht zu triumphiren vermochte und welche Zweifel erregte, ob die allgemeine Schwere zur Erklärung aller Erscheinungen am Himmel ausreiche. Die Feinheit des Gedankens wie das erzielte Resultat sind hier beide gleich bewunderungswürdig.

Später werden wir sehen, wie die Beobachtung der Störungen des Uranus, obgleich dieser Planet erst seit sechzig Jahren bekannt ist, den Beweis von dem Vorhandensein eines störenden Planeten liefert, und durch eine andere nicht minder merkwürdige Leistung der mathematischen Analyse zu der Entdeckung des Planeten Neptun führt.

— — —

Fünftes Kapitel.

Störungen der Kometenbewegungen.

In der Geschichte der periodischen Kometen habe ich erwähnt, daß die Anziehungen der Planeten in den Bewegungen jener Himmelskörper Störungen hervorrufen, welche hauptsächlich dadurch sich auffallend machen, daß sie in der Rückkehr zu ihrem Perihelium zwischen den beobachteten und den blos gemäß den Keppler'schen Gesetzen aus ihren elliptischen Elementen berechneten Zeitintervallen beträchtliche Differenzen erzeugen. So läßt die störende Wirkung der Planeten die Dauer der blos nach den elliptischen Elementen berechneten Umlaufszeit des Halley'schen Kometen (Bd. 12, S. 255) um mehr als ein Jahr variiren. Nach den Newton'schen Gesetzen ist übrigens leicht einzusehen, warum die Kometenbahnen durch die Anziehung der Himmelskörper, in deren Nähe sie vorübergehen, beträchtlich modificirt

werden, während sie umgekehrt keine merkliche Veränderung im Laufe der Planeten hervorrufen. Der Grund davon liegt einzig und allein in der relativen Kleinheit der kometarischen Massen (Bd. 12, S. 385). Der Lexell'sche Komet oder der Komet von 1770, der die eigenthümliche Erscheinung darbietet, daß er einen elliptischen Umlauf von sehr kurzer Periode gehabt hat, ohne daß man ihn indeß hat wieder finden können, ist Veranlassung zu einem vollständigen Triumphe für die Theorie der allgemeinen Anziehung geworden (Bd. 12, S. 274). Warum ist dieser Komet, dessen nach den elliptischen Elementen berechnete Umlaufszeit $5^1/_2$ Jahre beträgt, vor dem Jahre 1770 nicht gesehen worden, und warum hat man ihn seit jener Zeit nicht wieder beobachtet?

Lexell bemerkte schon, daß dieser Komet nach seinen Elementen von 1770 im Jahre 1767 nahe beim Jupiter in weniger als $^1/_{58}$ des Abstandes, welcher ihn damals von der Sonne trennte, vorbeigehen mußte, und daß er 1779 bei seiner Rückkehr gegen Ende August demselben Planeten ungefähr 500mal näher war, als der Sonne, so daß in jener Zeit die anziehende Wirkung der Sonne auf den Kometen trotz ihrer ungeheuren Masse nicht $^1/_{200}$ von der des Jupiter betrug. Sonach unterlag es also keinem Zweifel, daß der Komet im Jahre 1767 und 1779 beträchtliche Störungen erlitten hatte; es war aber noch der Nachweis nöthig, daß diese Störungen numerisch hinreichend groß waren, um den gänzlichen Mangel von Beobachtungen sowohl vor als auch nach 1770 zu erklären.

Die Formeln im vierten Bande der Mécanique céleste geben die analytische Lösung der folgenden Aufgabe: Die jetzige elliptische Bahn eines Kometen ist bekannt, wie war dieselbe früher? was wird später daraus werden, wenn in beiden Fällen die störende Wirkung der Planeten unseres Sonnensystems in Betracht gezogen wird?

Führt man in diese Formeln Zahlenwerthe ein, ersetzt die allgemeinen Buchstabenzeichen, welche darin vorkommen, durch die besondern Elemente des Kometen von 1770, so findet man zunächst, daß seine elliptische Bahn im Jahr 1767 vor seiner Annäherung an den Jupiter nicht eine Umlaufszeit um die Sonne von fünf, sondern von funfzig Jahren erforderte, und sodann, daß 1779 nach seinem Austritt

aus der Anziehungssphäre des genannten Planeten der Komet eine Bahn beschrieb, deren Umfang in nicht weniger als 20 Jahren durchlaufen werden konnte. Gleichfalls ergibt sich aus diesen Rechnungen, daß vor 1767 der Abstand des Kometen von der Sonne während der ganzen Dauer seines Umlaufs niemals geringer gewesen ist als 97 Millionen Meilen, und daß nach 1779 der kleinste Abstand sich auf 64 Millionen Meilen belief; dies war aber noch mehr als hinreichend, um das Gestirn von der Erde aus unsichtbar zu machen [4]).

Wie sonderbar es auch klingen möge, so sind wir dennoch vollständig berechtigt von dem Lexell'schen Kometen zu sagen, daß ihn im Jahre 1767 die Anziehung des Jupiters uns brachte, und daß dieselbe Kraft, indem sie die umgekehrte Wirkung erzeugte, ihn im Jahre 1779 uns wieder raubte.

Sechstes Kapitel.

Vom Aether.

Die Rechnungen, deren Grundlagen wir in den vorhergehenden Kapiteln über die Störungen der planetarischen und kometarischen Bewegungen erläutert haben, setzen voraus, daß die Himmelskörper sich im Leeren bewegen; sie nehmen keine Rücksicht auf die ätherische Substanz, welche das ganze Weltall erfüllt, und deren Schwingungen das Licht bilden. Jedes widerstehende materielle Mittel, in welchem sich ein Körper bewegt, strebt die Dimensionen der von ihm durchlaufenen Bahn zu verringern; mathematisch ausgedrückt, wenn es nicht gelingt, für den erlittenen Widerstand eine compensirende Kraft zu finden, so ist ausgemacht, daß nach Verlauf einer hinreichend großen Zeit, die vielleicht aus mehreren Milliarden von Jahren besteht, die Erde z. B. sich mit der Sonne vereinigen wird. Die Aufsuchung der compensirenden Kraft, falls eine solche überhaupt existirt, verdient wohl die Aufmerksamkeit der Mathematiker zu fesseln. Jedenfalls ist aber leicht zu begreifen, warum man bis jetzt keine wahrnehmbare Wirkung eines widerstehenden Mittels auf die Planeten beobachtet hat, während der Lauf der Kometen auf merkliche Weise davon betroffen wird. Der

Grund liegt darin, daß die Planeten eine hinreichend große Dichtigkeit besitzen; die Kometen dagegen können in ihrem Laufe merklich aufgehalten werden. Um die Richtigkeit der hier gemachten Unterscheidung einzusehen, darf man nur die sehr verschiedenen Entfernungen vergleichen, welche eine Kugel von Blei, von Kork oder ein Federball in der Luft zurücklegen, wenn sie aus einem Gewehrlaufe mit gleichem Gewichte von Pulver, wodurch sie also dieselben Anfangsgeschwindigkeiten erhalten haben, geschleudert werden.

Um die Bahn des Kometen von kurzer Umlaufszeit (Bd. 12, S. 256) theoretisch zu bestimmen, hat Encke auf das Genaueste alle Störungen in Betracht gezogen, welche derselbe durch die Einwirkung der Planeten erfahren konnte. Nichtsdestoweniger zeigen bei jeder Wiederkehr desselben Rechnung und Beobachtung stets Unterschiede in demselben Sinne, die augenscheinlich größer sind als die möglichen Fehler der Messungen.

Die Ursache dieser Nichtübereinstimmung scheint nur in dem Widerstande des Aethers gesucht werden zu können; denn die beiden einzigen Elemente der Bahn, welche von einem Umlaufe bis zum folgenden keine Aenderungen erfahren, sind die Neigung und die Lage des Knotens. Diese Unveränderlichkeit ist eine unvermeidliche Folge unserer Hypothese, denn welche Verringerung in der Geschwindigkeit eines Körpers auch der Widerstand eines Gases veranlassen mag, niemals wird derselbe diesen Körper weder zur Rechten noch zur Linken ablenken, ihn also auch nicht zu einer Bewegung außerhalb der ursprünglichen Ebene seiner Bahn veranlassen können.

Der Einfluß des Widerstandes des Aethers auf die Gesammtdauer von fünf Umläufen des Kometen von kurzer Periode beläuft sich jetzt nach Encke's Untersuchungen auf ungefähr zwei Tage[5]). Wenn dieser Einfluß, wie man doch glauben muß, auch für die übrigen periodischen Kometen von derselben Ordnung ist, so ist deshalb doch keine wesentliche Modification an den Resultaten, zu denen wir bezüglich des Laufes der Haarsterne gekommen sind, anzubringen. Ich hätte also davon absehen können, hier diese neue Art von Störung anzuführen; wenn ich dessenungeachtet davon geredet, so ist dies geschehen, weil besorgte Gemüther diesen noch sehr wenig studirten

Widerstand des Aethers aufgefaßt haben, um daraus den Schluß zu ziehen, daß man nicht mit Sicherheit den Augenblick des Durchganges eines Kometen durch die Ebene der Ekliptik voraussagen könne, und also nicht mit absoluter Zuversicht den Feststellungen über den Lauf des Biela'schen Kometen (Bd. 12, S. 260) von $6^3/_4$ Jahr Umlaufszeit, Glauben schenken dürfe. Ich will den gemachten Einwand vollständig und ungeschwächt hier folgen lassen:

Wenn der Komet sich im leeren Raume bewegte, so würde er an einem gewissen Punkte der Erdbahn 31 Tage vor der Erde ankommen. Die naturgemäße Wirkung eines Widerstands besteht eben darin, ihn aufzuhalten; bewegt sich also der Komet im Aether, so wird er den in Rede stehenden Punkt der Erdbahn später als zuvor angegeben erreichen. Sonach darf man behaupten, daß sein kleinster Abstand von der Erde geringer sein wird, als ihn die Berechnung ergibt. Man würde allerdings nicht anzugeben vermögen, auf wie viel sich diese Verringerung beläuft; sollte es aber unmöglich sein, daß unter gewissen physischen Zuständen des Kometen die aus dem Aetherwiderstande hervorgehende Verzögerung einen ganzen Monat auf die ganze Dauer seines Umlaufs betrüge? Die Astronomen haben über diesen Gegenstand bisher nur wahrscheinliche Angaben geliefert, und es ist also der Beweis noch nicht geführt, daß die Erde nicht einen heftigen Stoß erhalten könne.

Ich würde das Ziel verfehlen, das ich mir bei Abfassung dieses Kapitels gesetzt habe, wenn ich Bedenken unbeachtet ließe, die durch einen gewissen Schein blenden können. Glücklicherweise werden wenige Worte hinreichen, um zu zeigen, daß sie auf einem Irrthume rücksichtlich einer unbestreitbaren Thatsache beruhen.

Betrachten wir den Encke'schen Kometen in seiner Bahn und erkennen nochmals ohne Weiteres an, daß der unter Voraussetzung des Leeren berechnete und der beobachtete Ort nicht vollkommen zusammenfallen. Wir wollen nun aber zusehen, in welchem Sinne der Unterschied stattfindet. Nach dem obigen Einwande sollte der wirkliche Ort weniger vorgerückt sein als der berechnete. Thatsächlich findet indeß gerade das Entgegengesetzte statt; bei dem beobachteten Wiederkehren des Kometen mit kurzer Periode ist das Gestirn stets im

Sinne ſeiner Bewegung (man entſchuldige dieſen Ausdruck) dem theoretiſchen Kometen vorgeeilt.

In Bezug auf den Biela'ſchen Kometen von 6¾ Jahren Umlaufszeit darf alſo jetzt nicht mehr davon die Rede ſein, daß ſein Durchgang durch die Ebene der Ekliptik ſpäter erfolge, als die erſte Rechnung ergeben hat. Ein Widerſtand, analog dem, welchen der Komet von kurzer Umlaufszeit erfährt, würde die Ankunft beim Knoten beſchleunigen, und der kleinſte Abſtand des Geſtirns von der Erde müßte verhältnißmäßig zunehmen.

Dieſe einzige Bemerkung genügt, um die Einwände, deren Erörterung ich mir vorgeſetzt hatte, zu widerlegen. Ich habe nur noch zu zeigen, wie eine Beſchleunigung in der Bewegung des Kometen das Reſultat eines Widerſtandes ſein kann.

Zunächſt will ich zugeben, daß eine ſolche Beſchleunigung ziemlich befremden kann, und daß ein widerſtehendes Mittel nur zum Verzögern geeignet ſcheinen dürfte. Die Schwierigkeit verſchwindet indeß, ſobald man bemerkt, daß das unmittelbare Reſultat der Wirkung eines widerſtehenden Mittels auf einen daſſelbe durchdringenden Himmelskörper eine Verminderung in der tangentiellen Geſchwindigkeit iſt, oder was auf daſſelbe hinauskommt, in dem, was man gewohnt iſt Centrifugalkraft zu nennen; es iſt alſo genau ſo, als ob die Anziehung der Sonne zunähme. Die nothwendige Folge dieſer Zunahme der Anziehungskraft wird ſtets eine Annäherung des Geſtirns an die Sonne, eine Verminderung in den Dimenſionen der urſprünglichen Bahn ſein. Der Leſer weiß aber bereits, daß die Geſchwindigkeiten und Abſtände aller Geſtirne unſeres Sonnenſyſtems unter einander nach einem der drei großen unter dem Namen der Keppler'ſchen Geſetze bekannten aſtronomiſchen Principien zuſammenhängen; daß die Quadrate der Umlaufszeiten ſich wie die Cuben der großen Axen der durchlaufenen Ellipſen verhalten. Aus dieſem Geſetze geht hervor, daß die Planeten und Kometen ſich um ſo ſchneller bewegen müſſen, je näher ſie an der Sonne ſind.

Ueberlegt man es recht, ſo ſieht man, daß das vorhin aufgeſtellte Bedenken daher kam, weil jeder in ſeinen Gedanken und ohne ſich deſſen klar bewußt zu werden, die Bahn des Geſtirns als unveränder-

derlich nahm. Es ist völlig ausgemacht, daß ein Körper, der gezwungen ist eine gewisse krumme Linie infolge eines anfänglichen Stoßes zu durchlaufen, sich im Leeren schneller bewegen würde, als in einer gasartigen Substanz; ein solcher Körper kann aber nicht mit einem Kometen verglichen werden, denn dieser ändert seine Bahn, sobald er einen Widerstand erfährt. Es kann also nichts Auffallendes mehr haben, wenn der letztere früher ankommt. Auch hier findet der Ausspruch Fontenelle's Anwendung, daß, wenn Etwas auf zweierlei Weise sein kann, fast stets diejenige die wahre ist, welche anfänglich die wenigst naturgemäße erschien.

Siebentes Kapitel.

Massen der Planeten.

Wir haben oben S. 14 gesehen, daß die Gesetze der allgemeinen Anziehung es möglich machen, mit Leichtigkeit die Masse der Sonne zu bestimmen. Eine ähnliche Rechnung, wie die damals erläuterte, wird uns die Masse des Jupiters oder überhaupt eines von einem Monde begleiteten Planeten kennen lehren. Wir machen die Voraussetzung, daß der Mond im Vergleich zur Masse des Planeten als ein bloßer materieller Punkt betrachtet werden kann. Sind nun die Dimensionen der Bahn bekannt, so weiß man, um welche Größe der Mond in einer Zeitsecunde gegen den Planeten hin fällt, ein Resultat, woraus sich leicht die Größe herleiten läßt, um welche der Mond in einer Zeitsecunde zur Sonne fallen würde. Diese letztere Größe ist aber auch ohne Schwierigkeit aus den Verhältnissen der Bewegung des Planeten um die Sonne herzuleiten. Die Vergleichung der beiden so erhaltenen Zahlenwerthe wird das Verhältniß der Masse der Sonne zu der des Jupiter kennen lehren.

Verführe man auf gleiche Weise mit den Monden des Saturn und vernachlässigte die Masse eines Mondes gegen die Masse des Planeten, sowie die Masse des Planeten gegen die Masse der Sonne, so erhielte man das Verhältniß zwischen den Massen der Sonne und des Saturn.

Dieſelben Schlußfolgerungen laſſen ſich auf den Uranus und den Neptun anwenden.

Die Maſſen derjenigen Planeten, welche keine Monde haben, beſtimmt man aus den Störungen, welche ſie entweder hervorrufen oder ſelbſt erleiden. Man begreift, daß die Beobachtung des wirklichen Laufes des Mars und der Venus z. B., verglichen mit dem gemäß der elliptiſchen Bewegung berechneten Laufe, Werthe liefert, durch deren Einſetzung in die Formeln für die von nahen Körpern ausgehenden Anziehungen die ſtörenden Maſſen berechnet werden können. Andererſeits begreift man auch, daß die durch den Merkur verurſachten Störungen in dem Gange eines periodiſchen Kometen, wie des Encke'ſchen, zur Berechnung der Maſſe dieſes Planeten haben führen können.

Dieſe verſchiedenen Methoden dienen übrigens zur Prüfung der bereits erhaltenen Werthe, und ihre gleichzeitige Benutzung erlaubt eine größere Genauigkeit der geſuchten Beſtimmungen zu erreichen. Uebrigens finden dieſelben auch Anwendung auf unſern Mond und die von unſerer Erde in ſeiner Bewegung verurſachten Störungen ſind nach denſelben Theorien berechnet.

In dem Vorhergehenden habe ich dem Leſer die Grundlagen der Verfahrungsweiſen erläutert, welche die Aſtronomen zur Wägung der Körper des Sonnenſyſtems angewandt haben. Die erhaltenen Reſultate ſind folgende:

		Maſſe der Sonne gleich 1 geſetzt.	Maſſe der Erde gleich 1 geſetzt.
Merkur	☿	$\frac{1}{4865751}$	$\frac{1}{13}$
Venus	♀	$\frac{1}{401847}$	$\frac{9}{10}$
Erde	♁	$\frac{1}{354936}$	1
Mars	♂	$\frac{1}{2680337}$	$\frac{1}{8}$
Jupiter	♃	$\frac{1}{1050}$	338
Saturn	♄	$\frac{1}{3500}$	101
Uranus	♅	$\frac{1}{24000}$	15

	Masse der Sonne gleich 1 gesetzt.	Masse der Erde gleich 1 gesetzt.
Neptun ♆	$\frac{1}{17000}$	21
Sonne ☉	1	354936
Mond ☾	$\frac{1}{354936 \times 88}$	$\frac{1}{88}$

In Betreff der kleinen zwischen Mars und Jupiter befindlichen Planeten weiß man nur, daß ihre Massen sehr klein sind.

Nach der Größe ihrer Massen ordnen sich die Körper unseres Sonnensystems folgendermaßen: Sonne, Jupiter, Saturn, Neptun, Uranus, Erde, Venus, Mars, Merkur, Mond.

Achtes Kapitel.

Dichtigkeit der Erde.

Die nach den vorstehend erläuterten Methoden bestimmten Massen der Planeten liefern uns nur Verhältnisse zwischen den großen Körpern des Sonnensystems, ohne uns eine Vorstellung davon zu geben, wie dieselben im Vergleich zu den Massen derjenigen Körper, die wir unter den Händen haben, beschaffen sein mögen. Bekanntlich ist man, um die Massen der verschiedenen Körper, die auf der Erde angetroffen werden, unter einander zu vergleichen, übereingekommen, sie auf die Masse eines gleich großen Volumens Wasser, d. h. auf die Anzahl der in demselben enthaltenen materiellen Punkte zu beziehen. Die Masse eines Cubikcentimeters Wasser, genommen bei der Temperatur seiner größten Dichtigkeit oder bei 4° C., stellt die Einheit der Dichtigkeiten vor. Die Dichtigkeit eines beliebigen Körpers ist das Verhältniß der Masse eines Cubikcentimeters desselben zu der Masse eines Cubikcentimeters Wasser. Die Aufgabe, welche die Physiker und Astronomen sich stellen, wenn sie die Dichtigkeit der Erde suchen, besteht also darin, das Verhältniß der Masse eines mittlern Cubikcentimeters vom Erdkörper zu der eines Cubikcentimeters Wasser zu finden. Dies Problem ist von Cavendish durch merkwürdige, mittelst

einer ſogleich näher zu beſchreibenden Wage angeſtellte Verſuche gelöſt worden. Cavendiſh machte die Annahme, daß die Geſetze der allgemeinen Anziehung auch auf alle irdiſchen Körper anwendbar ſeien. Man kennt nun die von der Erde auf eine an einem gegebenen Orte und um eine gegebene Entfernung vom Mittelpunkte der Erde abſtehende kleine Bleikugel ausgeübte Wirkung; dieſelbe wird nämlich gemeſſen durch das mittelſt einer gewöhnlichen Wage beſtimmte Gewicht der Bleikugel. Wenn man alſo mittelſt einer beſonders eingerichteten Wage die Anziehung einer großen Bleikugel auf dieſelbe kleine Kugel bei bekanntem Abſtande der Mittelpunkte beider genannten Bleikugeln meſſen kann, ſo leuchtet ein, daß man, weil die Anziehungen den Maſſen direct, und dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional ſind, eine Relation erhalten muß, in welcher das Verhältniß der Maſſen der Erde und der großen Kugel die einzige Unbekannte bildet. Die Löſung dieſer Frage liefert unmittelbar jenes Verhältniß, woraus ſich dann die mittlere Dichtigkeit der Erde ergibt, weil

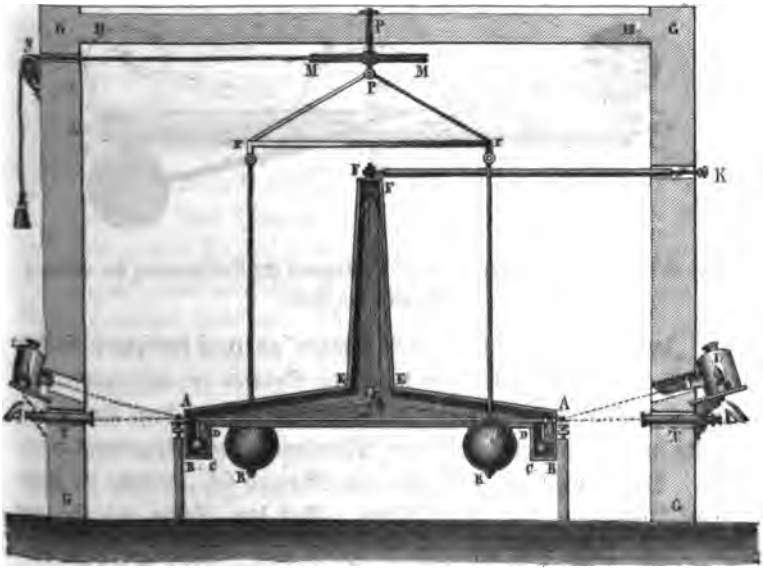


Fig. 306. — Verticaler Durchſchnitt von Cavendiſh's Apparat zur Beſtimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde.

die Dichtigkeit des Bleies bekannt ist. Dies ist die Methode, welche Cavendish angewandt hat, indem er einen Apparat etwas abänderte, der von einem Physiker Namens Michell zu demselben Zwecke ausgedacht war; Michell war aber, bevor er die von ihm projectirten Versuche zu einem glücklichen Ende hatte führen können, gestorben.

Die Fig. 306 stellt den verticalen Durchschnitt und die Fig. 307 den Grundriß von Cavendish's Apparat dar. Zwei kleine Bleikugeln xx sind an den Enden eines aus einer leichten hölzernen Leiste gebildeten horizontalen Hebels oder Wagebalkens hh aufgehangen. Dieser Wagebalken wird in seiner Mitte m von einem Silberdrahte gl getragen, und durch zwei schief gerichtete Silberfäden hg, hg verstärkt, damit er sich durch das Gewicht der Kugeln xx nicht biege. Um Störungen dieses Systems durch Luftzug abzuhalten, ist dasselbe in ein leichtes Gehäuse ABC DDC BAE FFE eingeschlossen, das auf vier Stützen ssss mittelst Stellschrauben, um ihm eine horizontale Stellung zu geben, ruht.

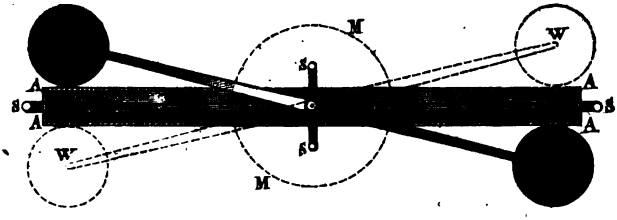


Fig. 307. — Grundriß von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde.

Zwei große Bleikugeln WW hängen an zwei kupfernen Stäben rR, rR; letztere, durch einen hölzernen Sparren rr auseinander gehalten, werden mittelst eines drehbaren Stiftes von dem Balken HH gerade in der Verticalen über dem Mittelpunkte des Apparates getragen. Der Balken HH ruht auf den Mauern GG, welche die allgemeine Umhüllung der Wage bilden. Auf dem Stifte Pp sitzt eine horizontale Rolle MM, auf deren Umfange zwei Schnüre befestigt sind, welche durch zwei in der Mauer der großen Kammer angebrachte Oeffnungen laufen, und nachdem sie über die verticalen Rollen y gegangen

ſind, durch kleine Gewichte geſpannt werden. Um die Rolle in Bewegung zu ſetzen, und folglich die Kugeln WW in die gewünſchte Stellung gegen die kleinen Kugeln xx zu bringen, braucht man nur an einer der beiden Schnüre zu ziehen.

Will man den Apparat gebrauchen, ſo ſtellt man zuerſt den Wagebalken hh mitten in das kleine Gehäuſe, indem man mittelſt des Knopfes K den hölzernen Stab KE dreht, der am andern Ende eine Schraube ohne Ende trägt, die in ein gezähntes Rad am Träger des Aufhängedrahtes lg eingreift. Auf dieſe Weiſe kann man dem Wagebalken hh jede beliebige Stellung geben, ohne daß der Silberdraht eine Torſion erhält. Während dieſer Zeit müſſen ſich die beiden Kugeln WW in einer auf dem Wagebalken hh ſenkrechten Ebene befinden, weil ſie in dieſer Lage keine drehende Einwirkung auf die Kugeln xx ausüben. Nähert man aber die Kugeln WW den kleinen Kugeln xx bis auf eine geringe Entfernung, wie dies in Fig. 307 dargeſtellt iſt, ſo ziehen ſie die letztern an, und dieſe folgen der Einwirkung ſo weit, bis der gegenſeitigen Anziehung der Kugeln durch die mit der Drehung wachſende Torſion des Drahtes lg das Gleichgewicht gehalten wird. Mittelſt der Fernröhre TT beobachtet man die vor dem Fadennetze vorbeigehenden Theilungen der beiden durch Lampen LL beleuchteten Skalen nn. Führt man dann die Kugeln WW in die entſprechende Lage auf die entgegengeſetzte Seite vom Gehäuſe, ſo findet man durch Ableſen der Skalentheile den doppelten Winkel der erzeugten Ablenkung.

Hat man dies Reſultat erhalten, ſo entfernt man das Syſtem der beiden großen Kugeln WW, lenkt den Wagebalken hh aus ſeiner Ruhelage ab, und überläßt ihn dann ſich ſelbſt, ſo daß er von einer Seite zur andern ſchwingt. Dieſe Oscillationen hängen von der Torſionskraft des Drahtes ab, und ihre Dauer ſteht mit dieſer Kraft in einer bekannten Beziehung, ſo daß ſich durch dieſe Dauer die Größe der Torſionskraft berechnen läßt. Vorhin war es aber eben dieſe Torſionskraft, welche der gegenſeitigen Anziehung der bleiernen Kugeln W und x das Gleichgewicht hielt. Dieſe Anziehung iſt alſo jetzt bekannt, und ihre Vergleichung mit der von der Erde auf die Kugel x ausgeübten liefert, wie weiter oben erläutert worden, die geſuchte Dichtigkeit.

Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, daß Cavendish Sorge getragen hat, die Fehler zu verbessern, welche von dem Trägheitsmomente des Wagebalkens, von der Anziehung der Bleimassen auf letzteren, von der Anziehung der kupfernen Stäbe, der Wände des Gehäuses u. s. w. herrühren. Durch eine große Zahl sehr übereinstimmender Versuche fand er die mittlere Dichtigkeit der Erde 5,448, die des Wassers gleich 1 gesetzt. Aehnliche Versuche sind später in Freiberg von Reich gemacht worden; sie gaben die Zahl 5,4383, welche von dem Resultate Cavendish's nur innerhalb der Grenze der Fehler abweicht, die so feine und schwierige Beobachtungen mit sich bringen[6]).

Neuntes Kapitel.

Dichtigkeiten der Planeten.

Als wir früher vom Merkur (Bd. 12, S. 411), von der Venus (Bd. 12, S. 454) und vom Monde (Bd. 13, S. 313) sprachen, haben wir gesehen, wie durch die Kenntniß der Durchmesser der Himmelskörper und ihrer Entfernungen von der Erde diejenigen Zahlen gefunden werden, welche die Volumina derselben im Vergleich zu dem Volumen der Erde (letzteres = 1 gesetzt) darstellen. Ich will in der folgenden Tabelle die für die hauptsächlichsten Himmelskörper gefundenen Volumina zusammenstellen.

	Wirkliche Durchmesser (Durchmesser der Erde = 1 gesetzt).	Volumina (Volumen der Erde = 1 gesetzt).
Merkur ☿	0,391	0,060 oder $\frac{1}{16,7}$
Venus ♀	0,985	0,957 oder $\frac{1}{1,05}$
Erde ♁	1,000	1,000
Mars ♂	0,519	0,140 oder $\frac{1}{7,14}$
Jupiter ♃	11,225	1414,200
Saturn ♄	9,022	734,800
Uranus ♅	4,344	82,000
Neptun ♆	4,719	110,600
Sonne ☉	112,060	1407124,000
Mond ☾	0,264	0,018 oder $\frac{1}{49}$

Von dem umfangreichſten angefangen ordnen ſich hiernach die Körper unſeres Sonnenſyſtemes in folgende Reihe: Sonne, Jupiter, Saturn, Neptun, Uranus, Erde, Venus, Mars, Merkur, Mond. Dieſe Reihenfolge ſtimmt mit der S. 30 aus der Vergleichung der Maſſen gefundenen überein; wir wollen nun ſehen, ob die Vergleichung der Dichtigkeiten daſſelbe Reſultat gibt.

Dichtigkeit iſt die Maſſe in der Einheit des Volumens; daraus folgt, daß man die geſammte Maſſe eines Körpers erhält, wenn man ſein Volumen mit ſeiner Dichtigkeit multiplicirt, und daß man ebenſo umgekehrt die Dichtigkeit findet mittelſt Diviſion der Zahl, welche die Maſſe darſtellt, durch die Zahl, welche das Volumen ausdrückt.

Verbindet man in letztangegebener Weiſe die Zahlenwerthe der vorſtehenden Tabelle mit den im 7. Kapitel aufgeführten, ſo erhält man für die Dichtigkeiten folgende Werthe, wobei erſtens die Dichtigkeit der Erde, und zweitens die Dichtigkeit des Waſſers gleich 1 geſetzt iſt.

	Dichtigkeiten (Erde = 1).	Dichtigkeiten (Waſſer = 1).
Merkur ☿	1,234	6,71
Venus ♀	0,923	5,02
Erde ♁	1,000	5,44
Mars ♂	0,948	5,15
Jupiter ♃	0,238	1,29
Saturn ♄	0,138	0,75
Uranus ♅	0,180	0,98
Neptun ♆	0,222	1,21
Sonne ☉	0,252	1,37
Mond ☾	0,619	3,37

Die jetzige Reihenfolge nach den Dichtigkeiten iſt ganz verſchieden von der nach den Maſſen oder dem Volumen; von dem dichteſten angefangen iſt dieſelbe: Merkur, Erde, Mars, Venus, Mond, Sonne, Jupiter, Neptun, Uranus, Saturn.

Das Volumen der Erde beträgt 1081 Quadrillionen Cubikmeter, und folglich das Gewicht 5881 Quadrillionen Tonnen, jede zu 1000 Kilogrammen[7]).

Zehntes Kapitel.

Schwere auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten.

Aus der Allgemeinheit der Anziehung, welche alle Körper wechſelſeitig auf einander proportional ihren Maſſen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernungen ausüben, erklärt ſich, wie die Körper auf der Oberfläche der Geſtirne, auf denen ſie ſich befinden, zurückgehalten werden. Alle in der Nähe der Sonne, des Mondes, der Planeten befindlichen Körper müſſen, ſich ſelbſt überlaſſen, grade ſo auf die Oberfläche der genannten Geſtirne fallen, wie ein auf unſerer Erde nahe an der Oberfläche derſelben freigelaſſener Körper auf dieſe Oberfläche fällt. Nur iſt die Größe der Schwerkraft auf der Sonne, dem Monde und den einzelnen Planeten eine verſchiedene, da dieſelben ſehr verſchiedene Maſſen und nicht minder verſchiedene Dimenſionen beſitzen. Nimmt man die Schwere auf der Oberfläche der Erde als Einheit, ſo findet man ohne Schwierigkeit die Schwere auf der Oberfläche eines anderen Himmelskörpers in unſerem Sonnenſyſteme, wenn man die Maſſe dieſes Körpers (die der Erde = 1 geſetzt) durch das Quadrat ſeines Halbmeſſers (den der Erde = 1 geſetzt) dividirt. Führt man die angedeutete Rechnung aus, ſo erhält man für die Hauptplaneten, die Sonne und den Mond folgende Tabelle:

	Schwere (die an der Oberfläche der Erde = 1 geſetzt).
Merkur ☿	0,51
Venus ♀	0,91
Erde ♁	1,00
Mars ♂	0,50
Jupiter ♃	2,45
Saturn ♄	1,09
Uranus ♅	1,05
Neptun ♆	1,10
Sonne ☉	28,30
Mond ☾	0,16

Nach der Größe der Schwere an ihrer Oberfläche ordnen ſich alſo

die Hauptkörper des Sonnensystemes folgendermaßen: Sonne, Jupiter, Neptun, Saturn, Uranus, Erde, Venus, Merkur, Mars, Mond.

Die Bedeutung der vorstehenden Zahlen wird leicht verständlich sein, wenn ich hinzusetze, daß ein und derselbe Körper, wenn er an einer Federwage aufgehangen nach einander auf die Oberfläche eines jeden Gestirnes unseres Sonnensystemes gebracht würde, den Zeiger dieser Wage bis auf Zahlen treiben würde, welche den zuvor aufgeführten Schweren proportional sind.

Elftes Kapitel.

Anschauliche Vergleichungen, um richtige Vorstellungen über die Größe des Firmamentes und der daran beobachteten Gestirne zu gewinnen.

Hesiod sagt, der Himmel und die Unterwelt seien gleichweit von der Erde entfernt, der eine nach oben, die andere nach unten, und führt, um eine Vorstellung von der Entfernung zwischen Himmel und Erde zu geben, an, daß ein großer eiserner Ambos, wenn er vom Himmel zur Erde herabfiele, erst am zehnten Tage bei uns ankommen, und dieselbe Zeit nochmals gebrauchen würde, um von der Erde bis zur Unterwelt zu gelangen.

Gegenwärtig hat man die Bahnen der Planeten genau messen gelernt und kann leicht berechnen, daß Neptun, der am weitesten von der Sonne entfernte Planet, 10994 Tage oder mehr als 30 Jahre gebrauchen würde, um den Mittelpunkt der planetarischen Welt zu erreichen, wenn die tangentielle Geschwindigkeit plötzlich vernichtet würde, die ihn in Verbindung mit der Anziehung der Sonne und unter dem Einflusse der andern Planeten in einer Bahn forttreibt, welche die Astronomen nach der Beobachtung und der Theorie ohne Weiteres auszumessen vermögen. Bei einer andern Gelegenheit (Bd. 13, S. 272) habe ich die Zeiten angeführt, in welchen die andern Planeten, wenn allein die anziehende Kraft der Sonne auf sie einwirkte, auf letztere stürzen würden. Der Leser hat ferner gesehen, daß das Licht trotz seiner ungeheuren Geschwindigkeit, mit der es sich fortpflanzt, nicht weniger als 3 oder 4 Jahre gebraucht, um von den näch-

sten Sternen, deren Abstand von unserer Erde wir haben bestimmen können (Bd. 11, S. 374), zu uns zu gelangen. Doch ich kehre wieder zu Vergleichungen mit leichter übersehbaren Größen zurück.

Bekanntlich durchläuft eine Kanonenkugel beim Austritt aus dem Geschützrohre höchstens 400 Meter in der Secunde. Mit dieser Geschwindigkeit würde sie 4000 Meter in 10 Secunden, 3 Meilen in der Minute, 180 Meilen in der Stunde, 4320 Meilen in einem Tage, 1577880 Meilen in einem Jahre, und 18935000 Meilen in 12 Jahren zurücklegen. Um die 20 Millionen Meilen, welche die Erde von der Sonne trennen, zu durchlaufen, würde also eine Kanonenkugel, auch wenn sie ihre ganze anfängliche Geschwindigkeit behielte, mehr als 12 Jahre gebrauchen. Eine ähnliche Kugel würde erst in nicht weniger als 360 Jahren von der Sonne zum Neptun gelangen; um von der Erde bis zum Monde zu kommen, würden 11 Tage ausreichen.

Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne beträgt gegen 4 Meilen, ist also mehr als 76mal größer, als die der Kugel eines Vierundzwanzigpfünders; letztere würde 29 Stunden gebrauchen, um den Erdäquator zu durchlaufen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit unserer Erde beläuft sich auf ungefähr $^1/_{16}$ Meile in der Secunde, oder auf 225 Meilen in der Stunde; ist also etwas größer als die einer Kanonenkugel.

Vielleicht wird eine andere Vergleichung noch auffälliger sein.

Der Verfasser eines im Jahre 1844 unter dem Titel Vestiges of the natural history of creation erschienenen Werkes macht folgende Bemerkung: Wenn das schnellste Rennpferd, von dem jemals die Rede gewesen ist, zur Zeit von Moses Geburt von dem einen Endpunkte eines Durchmessers der Uranusbahn ausgegangen, und seitdem auf dieser graden Linie mit seiner ganzen Geschwindigkeit, und ohne jemals anzuhalten, fortgeeilt wäre, so würde es bis heute erst den Abstand von der Peripherie bis zum Mittelpunkte, also die Hälfte des Durchmessers zurückgelegt haben; das Pferd würde bei der Sonne anlangen.

Ein Professor in Angers, der seinen Zöglingen eine faßliche Vorstellung von der Größe der Erde im Verhältniß zur Größe der Sonne geben wollte, kam auf den Einfall, die Getreidekörner von mittlerer Größe zu zählen, welche in einem Liter (ungefähr $^6/_7$ preuß. Quart)

enthalten sind, und fand ihre Zahl 10000. Ein Dekaliter mußte also 100000, ein Hektoliter 1000000 und 14 Dekaliter 1400000 Körner enthalten. Er schüttete dann 14 Dekaliter (ungefähr 2 preuß. Scheffel) Getreide auf einen Haufen, legte diesem gegenüber ein einziges solches Korn, und wandte sich dann an seine Zuhörer mit den Worten: „Dies das Volumen der Erde, jenes das Volumen der Sonne.“ Diese Vergleichung überraschte seine Schüler unendlich mehr, als es der bloße Ausspruch des Verhältnisses der abstracten Zahlen 1 und 1400000 gethan haben würde.

Zwölftes Kapitel.

Von der Schwere auf der Oberfläche der Erde.

Im Alterthume herrschten sehr unklare Vorstellungen über die Kraft, welche die Körper auf der Oberfläche der Erde zum Fallen treibt und von uns mit dem Namen der Schwerkraft bezeichnet worden ist. Galilei gebührt der Ruhm, den Beweis geliefert zu haben, daß diese Kraft an einem gegebenen Orte in gleicher Weise auf alle daselbst befindlichen Körper wirkt, und daß der Grund, warum sehr verschiedenartige Körper für gewöhnlich nicht gleich schnell fallen, nur in dem ungleichen Widerstande, welchen die atmosphärische Luft ihrer Bewegung entgegensetzt, zu suchen ist.

Wenn die Schwere an der Oberfläche der Erde ein specieller Fall der allgemeinen Anziehung ist, so muß sie auf alle auf derselben befindlichen Körper nach den von mir oben (S. 4 ff.) erläuterten allgemeinen Gesetzen wirken. Wir haben nun gesehen, daß die Erde keine vollkommene Kugel bildet, sondern an den Polen abgeplattet und an dem Aequator ausgebaucht ist. Die in den Polargegenden befindlichen Körper sind dem Mittelpunkte der Erde ungefähr um $2^3/_4$ Meilen näher als die unter dem Aequator gelegenen. Da die Erde auf alle an ihrer Oberfläche vorhandenen Körper gerade so wirken muß, als ob ihre ganze Masse in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre, da ferner ihre Anziehungskraft sich proportional mit den Quadraten der Entfernungen vermindert, so sieht man, daß die Schwere am Aequator geringer

ſein muß als an den Polen. Außerdem ſtrebt aber noch eine andere Urſache die Intenſität der Schwere um ſo mehr zu vermindern, je mehr man ſich dem Aequator nähert. Die Erde dreht ſich nämlich mit einer Geſchwindigkeit, deren Größe im vorhergehenden Kapitel genannt worden iſt, um ihre Axe; aber jeder Körper, der, wie der Stein in der Schleuder, eine ſchnelle Rotationsbewegung beſitzt, hat ein Beſtreben, ſich von dieſem Mittelpunkte zu entfernen. Dieſes Beſtreben hat man die Centrifugalkraft genannt. An den Polen iſt dieſe Kraft gleich Null, wächſt aber in dem Maße, als man gegen den Aequator vorſchreitet, und läßt ſich in eine Seitenkraft zerlegen, welche der Schwere gerade entgegengeſetzt wirkt.

Dieſe theoretiſchen Betrachtungen ſtützen ſich auf die Meſſungen des Erdballes und die Entdeckung ſeiner Bewegungen. Man wird alſo das hohe Intereſſe erkennen, das für die Aſtronomen ſich an die experimentelle Nachweiſung ihrer Richtigkeit knüpfen mußte. Die Eigenſchaften des Pendels, die im Anfange dieſes Werkes (Bd. 11, S. 51) angeführt wurden, haben es möglich gemacht, in dieſer Beziehung eine Genauigkeit zu erzielen, auf welche die Freunde der Wiſſenſchaft mit Recht ſtolz ſein können.

Die Aenderungen in der Intenſität der Schwere an der Oberfläche der Erde ſind nur eine Folge der Geſtalt derſelben und der Umdrehungsbewegung um ihre Axe. Die Geſtalt ſelbſt rührt von dem beſtändigen Vorhandenſein der Umdrehungsbewegung her. Als die Erde einſt an ihrer Oberfläche flüſſig war (wie wahrſcheinlich noch jetzt in einer gewiſſen Tiefe dieſer Zuſtand vorhanden iſt, Bd. 13, S. 192), in jenen um viele Tauſende von Jahren, die wir nicht zu berechnen vermögen, von uns entfernt liegenden Zeiten, mußte die Oberfläche unſerer Erde durch den Einfluß der Centrifugalkraft eine nach den Gegenden hin, welche in einer durch den Mittelpunkt des Erdballes gehenden und auf ſeiner Umdrehungsaxe ſenkrechten Ebene lagen, aufgeſchwollene Form annehmen. Dieſe Aequatorialgegenden behielten ſpäter ihre Lage, als die Erdrinde infolge der fortſchreitenden Erkaltung unſeres Planeten erſtarrt war.

Wie dem auch ſein mag, die Anzahl der von einem ſich ſelbſt überlaſſenem Pendel in einer gewiſſen Zeit vollbrachten Schwingungen

hängt von der Intenſität der Schwere und von der Länge dieſes Pendels ab. Iſt der Bogen, in welchem das Pendel ſchwingt, ſehr klein, d. h. entfernt es ſich nur bis 2 oder höchſtens 3 Grad auf beiden Seiten von der Verticalen, ſo findet zwiſchen den zuvor genannten Größen die einfache Beziehung ſtatt, daß das Quadrat der in einer gegebenen Zeit vollbrachten Schwingungen der Intenſität der Schwere direct und der Länge des Pendels umgekehrt proportional iſt. Daraus folgt, daß die Aenderung in der Intenſität der Schwere, oder, was nach den vorhergehenden Erörterungen auf daſſelbe hinausläuft, daß die Geſtalt der Erde aus der Zahl der Schwingungen abgeleitet werden kann, welche innerhalb 24 Stunden ein und daſſelbe Pendel von unveränderlicher Länge an den unter verſchiedenen Breiten gelegenen Orten macht, oder aus der Vergleichung der verſchiedenen Längen, welche ein Pendel erhalten muß, um an allen dieſen Orten eine und dieſelbe Zahl von Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu vollbringen.

Es bedarf wohl nicht der Bemerkung, daß die vorhergehenden Ausſprüche ſich nur auf die Anwendung einfacher Pendel beziehen, d. h. auf Pendel, bei denen der Faden, an deſſen Ende die ſchwingende Maſſe hängt, gar keine oder eine in Bezug auf jene ganz und gar zu vernachläſſigende Maſſe beſitzt. Jedenfalls kennen wir unſchwer auszuführende Verfahren, um die Länge desjenigen einfachen oder idealen Pendels zu finden, das eben ſo ſchnell ſchwingt, als das wirkliche oder ſogenannte zuſammengeſetzte Pendel, welches letztere allein beobachtet werden kann. Ein ſolches einfaches Pendel nennt man das iſochrone Pendel des angewandten zuſammengeſetzten.

Beide im Princip vorhin angedeuteten Methoden erfordern, daß auf jeder Station ermittelt wird, welche Zahl von Schwingungen das angewandte Pendel in einem mittleren Tage oder Sterntage macht; ſie unterſcheiden ſich nur darin, daß die erſte verlangt, daß die ſchwingende Vorrichtung niemals weder in der Geſtalt noch in ihren Dimenſionen eine Aenderung erleide, während bei Anwendung der zweiten dieſe Unveränderlichkeit nicht nothwendig iſt, weil die Länge des Pendels nach jeder Beobachtung gemeſſen wird.

Dem Aſtronom Richer, Mitgliede der Pariſer Akademie, verdan-

ken wir die erſte Beobachtung eines Pendels von unveränderlicher Länge zum Nachweiſe der Aenderung in der Intenſität der Schwere an der Oberfläche der Erde; derſelbe fand, daß eine in Paris regulirte Uhr in Cayenne jeden Tag um eine merkliche Größe nachging, weil das Pendel, welches den Gang der Uhr regelte, in Cayenne langſamer oscillirte als in Paris [8]). Borda hat ſich zuerſt der zweiten Methode bedient; ſie läßt eine größere Genauigkeit als die Beobachtung des unveränderlichen Pendels zu, erfordert aber eine beſondere Aufſtellung von großer Feinheit.

Das unveränderliche Pendel beſteht im Allgemeinen aus einem kupfernen Cylinder, an deſſen Ende eine ſchwere Linſe von demſelben Metall unverrückbar feſtſitzt, weil Cylinder und Linſe aus einem Stück gegoſſen worden ſind. Am andern Ende des Cylinders iſt eine dünne ſtählerne Schneide unveränderlich daran befeſtigt, beſtimmt, das Pendel während der Verſuche zu tragen. Dieſe Schneide ruht auf einer vollſtändig geebneten Achatplatte. Die Fehler, welche in den Beobachtungen durch die in Folge von Temperaturwechſeln eingetretenen Aenderungen in der Länge des Pendels und durch den Widerſtand der Luft beim Schwingen entſtehen, müſſen corrigirt werden. Man ſieht, daß

Fig. 308. — Platinkugel des von Borda und von Arago und Biot angewandten Pendels.

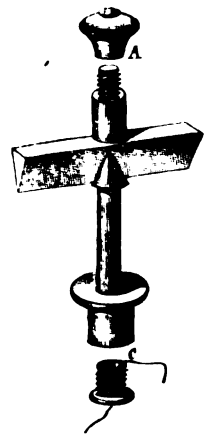


Fig. 309. — Aufhängeſchneide an dem Pendel von Arago und Biot.

bei Richer's Methode das Pendel ein zuſammengeſetztes iſt, man muß alſo außerdem noch die Länge des einfachen ſynchronen Pendels oder eines Pendels von gleicher Schwingungsdauer aufſuchen.

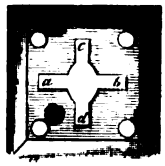


Fig. 310. — Platte zur Aufhängung des Pendels.

Bei Borda's Methode nähert ſich das angewandte einfache Pendel ſoviel als möglich dem einfachen oder idealen Pendel. Ich laſſe hier die Beſchreibung eines derartigen Pendels folgen, welches Biot und ich bei den in Spanien angeſtellten Beobachtungen benutzt haben; ſie iſt zum größten Theile ein Auszug aus der von Biot im Inſtitut am 27. Juni 1808, einige Zeit nach ſeiner Rückkehr von Formentera, gemachten Mittheilung. Man lernt daraus die Sorgfalt kennen, die aufgewandt werden muß, wenn die Reſultate genau werden ſollen. Das Pendel beſteht aus einer Platinkugel B Fig. 308, die an einem Metalldrahte a aufgehangen iſt. Das untere Ende dieſes Drahtes iſt durch die Schraube

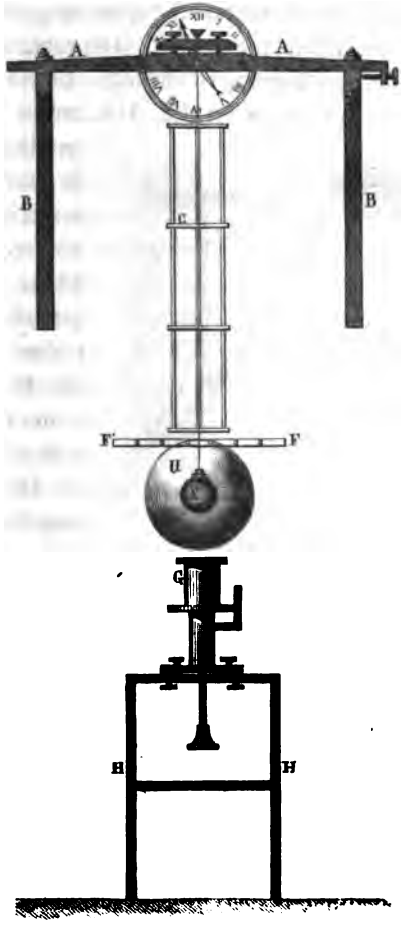


Fig. 311. — Aufſtellung des von Arago und Biot angewandten Pendels.

A' in dem Knopfe A einer ſphäriſchen Calotte VX befeſtigt; dieſe Calotte beſitzt denſelben Halbmeſſer wie die Kugel, und wird auf die Oberfläche der letztern mit ein wenig Fett aufgeſetzt, ſo daß ſie infolge des atmoſphäriſchen Druckes und des durch die Kugelform bewirkten genauen Contactes daran adhärirt. Das obere Ende des Drahtes iſt mit dem mit einer Schraube verſehenen Stiele C einer zum Aufhängen dienenden Schneide (Fig. 309) verbunden, die auf einer ebenen Achatplatte ab (Fig. 310) ruht, wenn das Pendel in der darauf ſenkrechten Richtung cd ſchwingt. Die Achatplatte ſteht auf einer eiſernen Platte AA, die in der Fig. 311, welche die Anordnung des Apparates im Allgemeinen darſtellt, ſichtbar iſt; ſie wird mittelſt eines kleinen gläſernen Niveau und mittelſt Stellſchrauben ſorgfältig horizontal geſtellt. Die Platte AA wird von den Eiſenſtangen BB, die Fig. 312 im Profil gezeichnet ſind, getragen. Man gleicht nun die Maſſe der Schneide vorläufig ſo ab, daß ihre Schwingungen äußerſt nahe dieſelbe Dauer erhalten, wie die der Uhr CD Fig 311, nach welcher man das ganze Pendel E reguliren will, was durch die Umdrehung eines kleinen auf den Kopf der Schneide aufgeſchraubten Knopfes A (Fig. 309) möglich wird, indem derſelbe ſich beim Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen der Aufhängungsebene nähert oder von ihr entfernt. Iſt die Herſtellung einer gleichen Dauer der genannten Schwingung ſo weit gelungen, als es nach dieſem Verfahren möglich iſt, ſo befeſtigt man an der Schneide den Draht ſammt der Platinkugel, und gibt dem Drahte eine ſolche Länge, daß die Schwingungen des ganzen Syſtemes ſehr wenig von denen der Schneide allein verſchieden ſind. Da der Schwerpunkt der Schneide außerordentlich nahe an der Aufhängungsebene liegt, ſo hat ſeine Maſſe unter den Umſtänden, unter welchen der Apparat in Thätigkeit iſt, nur einen unmerklichen Einfluß auf die Länge des Pendels.

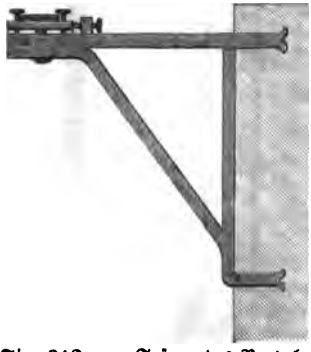


Fig. 312. — Träger des Pendels von Arago und Biot.

Nachdem der Apparat in angegebener Weiſe vorgerichtet, ſtellt man in 7 bis 8 Meter Entfernung ein Fernrohr auf, deſſen Ocular in ſeinem Brennpunkte einen verticalen Faden trägt, richtet letztern auf den Draht des ruhig hängenden Pendels und befeſtigt in derſelben Richtung auf der Linſe D der ebenfalls in Ruhe befindlichen Uhr einen kleinen Papierkreis als Inder. Sind dieſe Vorbereitungen beendigt, ſo läßt man die Uhr an, und ſetzt, wenn ihr Gang ganz ſicher geworden iſt, auch das Pendel in Schwingung. Das Fernrohr geſtattet ein Urtheil über die Ungleichheit im Gange des Uhrpendels und des bloßen Pendels, und vergrößert die ſcheinbare Geſchwindigkeit, welche der Pendeldraht in Bezug auf den Inder an der Linſe C zeigt. Die Zeitpunkte der Coincidenzen können gleichfalls mit großer Genauigkeit beſtimmt werden. Zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Coincidenzen verliert oder gewinnt das Pendel zwei Schwingungen gegen die Uhr, und man findet dann durch eine einfache Proportion, wie viel Schwingungen das Pendel in einem mittleren Sonnentage verloren oder gewonnen haben würde. Man weiß alſo, wie viel Schwingungen das Pendel in dieſer Zeit vollbringt. Es iſt noch eine Correction wegen der Ungleichheit der vom Pendel durchlaufenen Schwingungsbogen anzubringen; dieſe Bogen werden auf der getheilten Skale FF gemeſſen, und durch die Rechnung dann alle Schwingungen auf Schwingungen in unendlich kleinen Bogen zurückgeführt.

Um Luftzüge abzuhalten, iſt der ganze Apparat in ein gläſernes Gehäuſe eingeſchloſſen, in dem ſich zur Angabe der jedes Mal ſtattfindenden Temperatur Thermometer befinden. Die Beobachtung des Luftdruckes durch das Barometer vervollſtändigt die Data, welche nöthig ſind, um die beobachtete Schwingungszahl auf diejenige zurückzuführen, wie ſie im leeren Raume ſtattgefunden haben würde.

Es erübrigt nun noch die Meſſung der Länge des Pendels von der Aufhängungsebene bis zum tiefſten Punkte der Platinkugel. Zu dieſem Behufe legt man im Voraus auf ein Geſtelle HH (Fig. 311) eine ebene Metallſcheibe G, die mittelſt einer Schraube ſich heben und ſenken läßt.

In Fig. 313 iſt dieſe Metallſcheibe beſonders gezeichnet; ſie wird gehoben durch die Schraube D, deren Umdrehungen ſammt ihren Bruch-

theilen durch den getheilten Kreis B angezeigt werden, der vor einem verticalen ebenfalls eingetheilten Maaßſtabe vorbeigeht. Die Schrauben ccc dienen, den kleinen Apparat unterhalb des Pendels aufzuſtellen. Nach einigen Verſuchen gelingt es, eine genaue Berührung zwiſchen der Metallſcheibe und der Platinkugel zu erhalten. Dabei muß man vermeiden, die letztere in die Höhe zu heben, weil man die Ausdehnung des Drahtes durch das Gewicht der Kugel hinwegnehmen, und der Draht erſt allmälich nach einer gewiſſen Zeit ſeine erſte Länge wieder erreichen würde. Als Zeichen der vollkommenen Berührung dient das Verſchwinden eines Lichtſtrahles zwiſchen der Scheibe und der Kugel.

Fig. 313. — Ebene Metallſcheibe zur Meſſung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels.

Iſt jene Berührung in gewünſchter Weiſe hergeſtellt, ſo mißt man den Abſtand zwiſchen der unteren Metallſcheibe und der Aufhängungsebene mittelſt eines eingetheilten Maaßſtabes aus Metall. Zu dieſem Zwecke befeſtigt man eine Schneide C (Fig. 314) zum Aufhängen an das eine Ende deſſelben; dieſelbe iſt aus gehärtetem Stahl und ſehr ſcharf. Das obere Ende des Maaßſtabes muß gleichfalls von gehärtetem Stahl ſein, damit die Schneide nicht in daſſelbe eindringen kann; die Berührung muß nämlich, wenn die Meſſung der Länge genau ausfallen ſoll, vollkommen ſein. Man ſchiebt den Maßſtab in die Hülſe A, welche auf dem Rücken B der Schneide ſitzt, bis er die ſcharfe Kante der Schneide berührt, und befeſtigt ihn dann mittelſt einer ſtarken

Fig. 314. — Aufhängeſchneide des Maaßſtabes zur Meſſung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels.

Druckſchraube E. Um mich zu vergewiſſern, daß nicht nur vor und nach der Meſſung, ſondern auch wenn der Maaßſtab aufgehangen iſt, die Berührung beſteht, habe ich in die Hülſe ein Loch D ſenkrecht auf die Are der Schneide bohren laſſen, wodurch man beobachten kann, ob der Durchgang des Lichtes zwiſchen der Schneide und dem Maaßſtab wirklich unterbrochen iſt.

Das andere Ende des Maaßſtabes iſt mit einem Züngelchen verſehen, das ſich mittelſt einer Schraube heraus- und hineinſchieben läßt. Auf dem Züngelchen und dem Maaßſtabe ſind gleiche Theilungen angebracht.

Nachdem der Maaßſtab an der Stelle des Pendels aufgehangen, ſchiebt man das Züngelchen vor, bis es mit der untern Metallſcheibe in vollkommene Berührung kommt. Iſt dies erreicht und hat man die nöthigen Vorkehrungen getroffen, daß die Temperatur des Maaßſtabes mit der des Gehäuſes übereinſtimmt, ſo lieſt man die Zahl der Theilſtriche ab, um welche das Züngelchen herausgetreten iſt. Mittelſt eines Comparateurs (Fig. 315 und 316), eines von Lenoir erdachten und von Fortin verbeſſerten Inſtrumentes, findet man überdieß die Länge des Maaßſtabes, die Größe der Theile, und die Größe des kleinen Bruches eines Theiles, um den das Züngelchen herausgeſchoben iſt. Man vergleicht zu dieſem Zwecke den Maaßſtab zuerſt mit eingeſchobenem Züngelchen, dann nach dem Herausſchieben des Züngelchens um eine ganze Anzahl Theilſtriche, und endlich jedes Mal nach dem Herausſchieben des Züngelchens bis auf den Punkt, wo die unterhalb des Pendels befindliche Metallſcheibe berührt wurde, mit genauen Maaßſtäben.

Bekanntlich beſteht der Comparateur aus einem feſten Widerlager T und einem beweglichen T′. Man bringt die eine der zu vergleichenden Längen zwiſchen die beiden Widerlager und erzeugt eine vollſtändige Berührung des Lagers T′, indem man den Schieber, auf welchen es ſitzt, vorwärtsbewegt. Dann zieht man die Druckſchrauben BB an, und da das Lager T′ den Winkelhebel bcb′ in Bewegung geſetzt hat, ſo kann man die Stellung eines am Ende des langen Armes des Hebels angebrachten Nonius V vor den Theilſtrichen einer Skale DD beobachten. Nimmt man dann die erſte Länge hinweg, und legt die

andere dafür hin, so wird das Lager T' durch eine Feder gezwungen, sich auch an das Ende der neuen Länge anzulegen. Die Bewegung des Nonius nach der einen oder der andern Seite zeigt mit einer Genauigkeit, die bis auf $^1/_{500}$ Millimeter geht, den Unterschied der beiden verglichenen Längen an.

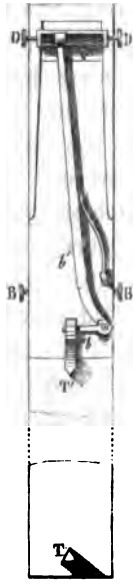


Fig. 315. — Mechanismus des Comparateurs von Fortin.

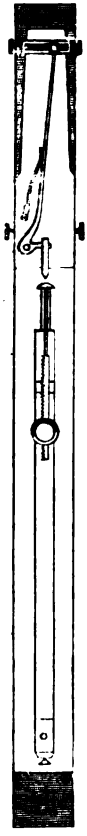


Fig. 316. — Ansicht des auf den Fortin'schen Comparateur gelegten Maßstabes.

Von den gesammten gefundenen Längen muß nun noch der Halbmesser der Platinkugel abgezogen werden; derselbe läßt sich aus dem Gewichte dieser Kugel und der bekannten Dichtigkeit des Platins be-

nähnen, übrigens aber auch auf experimentellem Wege finden, indem man die Kugel in einen aus zwei parallelen Scheiben, einer festen und einer beweglichen, gebildeten Apparat legt und die letztere Scheibe so weit nähert, bis beide von der Kugel so eben berührt werden; die Verschiebungen der beweglichen Scheibe werden mittelst einer Schraube gemessen, welche durch einen Nonius noch Hundertstel eines Millimeters angibt. Zuletzt sind noch Correctionen wegen des Gewichtes des Aufhängedrahtes und der Calotte anzubringen, und dann die Beobachtungen auf das Niveau des Meeres und den leeren Raum zu reduciren. Alle diese Operationen geschehen durch Rechnungen, in welche ich hier nicht weiter eingehen kann, da es nur meine Absicht war, den Gang der Methoden im Allgemeinen zu erläutern, und dabei die peinlichen Vorsichtsmaßregeln, welche der Astronom anzuwenden hat, zu bezeichnen.

Das zuvor beschriebene Pendel weicht etwas von dem von Borda gebrauchten ab; zur Kenntnißnahme des letztern will ich hier einen Auszug aus der von ihm selbst gegebenen Beschreibung folgen lassen. Der Apparat ist in Fig. 317 abgebildet. AB ist die Secundenuhr, mit deren Schwingungen Borda und Cassini in der von ihnen gemeinschaftlich ausgeführten Beobachtungsreihe die Bewegung des Pendels verglichen; dieses Pendel VP schwang dicht vor der Uhr und war an dem Ende des Steinblocks CDFK, der auf der obern Seite der Mauer lag, an welcher der Apparat aufgestellt war, befestigt. Die Kugel P des Pendels schwang sehr nahe in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkte der Linse; ihre Schwingungen wurden mit einem kleinen zwei Meter abstehenden Fernrohre O beobachtet. Die Uhr und der ganze Pendelapparat waren in ein gemeinschaftliches Gehäuse eingeschlossen, das sie gegen Luftzug schützte, und in seinen untern Theilen Glaswände hatte, um die Schwingungen beobachten zu können.

Borda's und Cassini's Pendel war mittelst einer Schneide aufgehangen; die beiden Astronomen haben folgende Beschreibung ihrer Vorrichtung gegeben: „AB (Fig. 318) ist die Schneide; CD ein nach unten gehender Stiel, an welchem der Draht befestigt wird; EF ein aufwärts gerichtetes Stück, das in eine Schraube endigt; GH ein kleiner auf dieser Schraube beweglicher Knopf. Derselbe diente zum Theil

dem untern Stiele als Gegengewicht, geſtattete aber auch die Schwingungsbewegung der Schneide dergeſtalt zu reguliren, daß ſie dieſelbe Schwingungsdauer hatte, wie das Pendel . . . . .

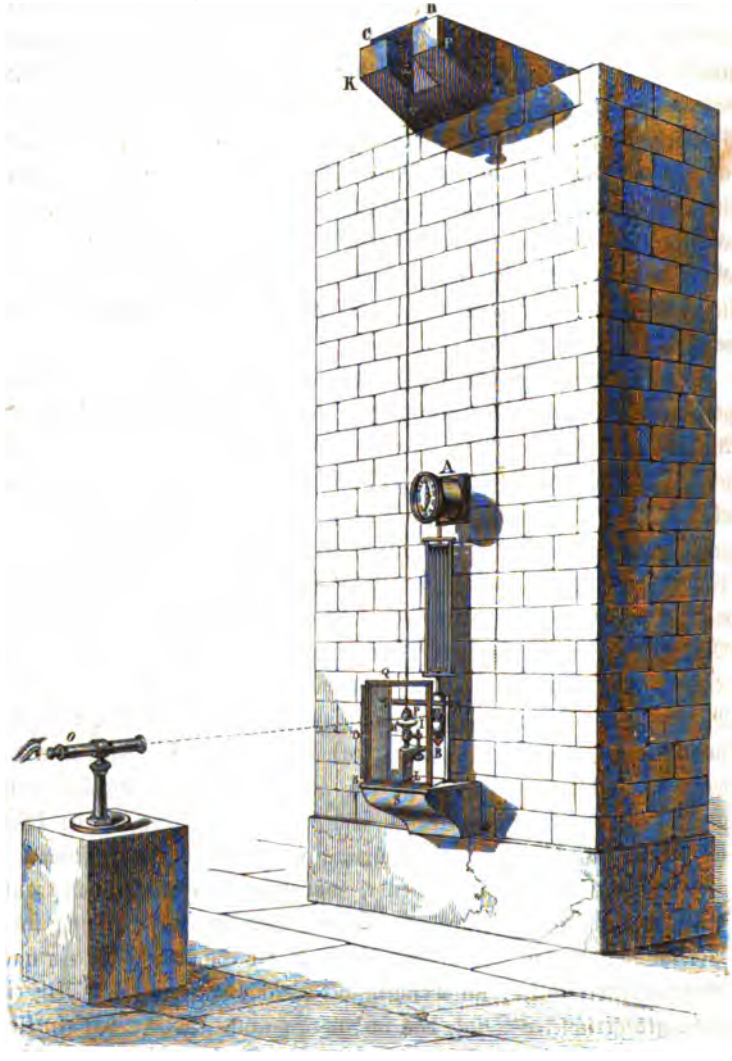


Fig 317. — Anſicht des Borda'ſchen Pendels.

„Die Aufhängung ruhte auf einer ebenen Stahlplatte MN (Fig. 319), die auf einer kupfernen Platte IKL befeſtigt war; letztere ſaß auf dem Steinblocke CDFK der Figur 317 mittelſt drei ſtarker Schrauben, durch welche man die Ebene MN genau horizontal ſtellte. Die Schneide OP befand ſich ſtets in der Mitte der Oeffnung ST (Fig. 319), wenn Schwingungen beobachtet wurden; ſollte indeß die Pendellänge gemeſſen werden, ſo ward das Pendel ſeitwärts nach T geſchoben, und an ſeine Stelle der Maaßſtab gebracht, der zur Meſſung diente und deſſen oberer Theil ſichtbar iſt in QR . . . . .

„Das Pendel ſchwang etwas vor der Uhr. Auf die Linſe B war ein Stück ſchwarzes Papier e geklebt, auf dem zwei ſich kreuzende und mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildende weiße Linien gezogen waren. Als Uhr und Pendel gleichzeitig ſtillſtanden, ſtellte man das Fernrohr O (Fig. 317) in die Richtung OPe, welche durch den Kreuzungspunkt der Linien auf der Linſe und

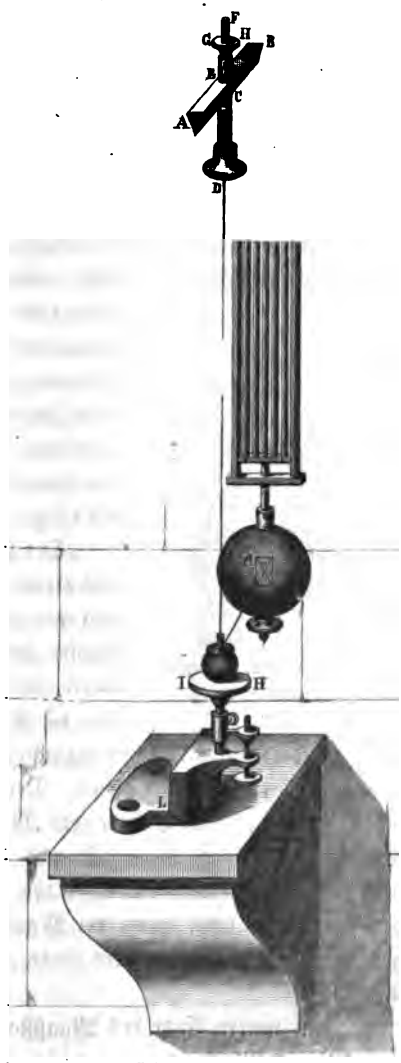


Fig. 318. — Oberer und unterer Theil des Borda'ſchen Pendels.

durch den Pendeldraht ging, und setzte in geringem Abstande vom Pendel einen schwarzen Schirm QRS, dessen Rand QS vertical und so gestellt war, daß er die Hälfte von der Dicke des Pendeldrahtes verdeckte. Nach dieser Anordnung ward Pendel und Linse in Bewegung gesetzt, und die Zeit beobachtet, wenn der Pendeldraht und der Kreuzungspunkt der Linien auf der Linse gleichzeitig hinter dem Schirme verschwanden .... Zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Coincidenzen in diesem Verschwinden verlor der eine schwingende Körper gegen den andern grade zwei Schwingungen .....

„Da die Dauer der Schwingungen eines Pendels mit der Größe des Schwingungsbogens wächst, und deßhalb die beobachtete Schwingungsdauer auf unendlich kleine Schwingungen reducirt werden muß, so war Sorge getragen, jene Größen im Augenblicke eines jeden Zusammentreffens zu beobachten, und zu diesem Behufe in geringer Entfernung vom Pendel eine in Minuten getheilte Skale MN (Fig. 317) angebracht .....

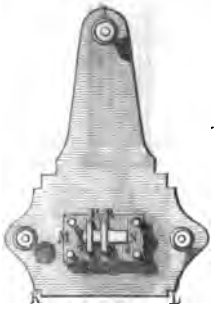


Fig. 319. — Ebene zur Aufhängung der Schneide beim Borda'schen Pendel.

„Der zur Messung der Länge des Pendels dienende Maaßstab bestand aus Platin, und war mit einem andern Maaßstabe von Kupfer bedeckt (Fig. 320). Sein oberer Theil endigte in ein gehärtetes Stahlstück von der Form eines T, das in die Oeffnung ST der Figur 319 hineinging, und zum Aufhängen des Maaßstabes auf der Ebene MN diente. Der Theil dieses Tförmigen Stückes, an welchem das obere Ende des Maaßstabes saß, und die untern Flächen der beiden Arme AB und CD waren sorgfältig geschliffen und lagen mit dem obern Ende des Maaßstabes in einer und derselben Ebene, so daß, wenn der Maaßstab an die Stelle des Pendels gehangen wurde, sein oberes Ende genau mit der Ebene MN zusammenfiel.

„Am untern Ende des Maaßstabes fand sich ein kleines Züngelchen EF aus Platin, das mit leichter Reibung zwischen zwei, ebenfalls aus Platin bestehenden Couliſſen GH und LI gleiten konnte. Dieses

Zugleichen trug eine Theilung, deren Zehntel durch den Nonius X abgeſchätzt wurden.

„Der Zweck der Anbringung eines kupfernen Maaßſtabes, welcher den aus Platin beſtehenden bedeckte, war die Herſtellung eines Metallthermometers, das durch die ungleiche Ausdehnung der Metalle in jedem Augenblicke die abſolute Länge anzeigen ſollte, um welche ſich der Maßſtab aus Platin ausgedehnt hatte. Das obere Ende des kupfernen Maaßſtabes war durch drei Schrauben ein wenig unterhalb des T förmigen Stahlſtückes befeſtigt, und ſein freies unteres Ende beſaß eine rechteckige Oeffnung PR, in welche ein auf dem Platin feſtgemachtes Stück ST eintrat. Dieſes Stück ST trug die Theilung des Metallthermometers, deren Unterabtheilungen durch den Nonius U gemeſſen wurden; denn dieſer mußte vor der Theilung auf ST ſich um den ganzen Betrag hinſchieben, um welchen ſich das Kupfer mehr ausgedehnt hatte, als das Platin.

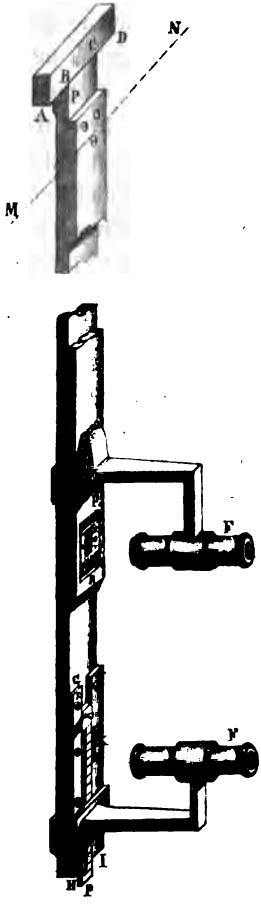


Fig. 320. — Borda's Maaßſtab zur Meſſung der Pendellänge.

„Die beiden Nonien U und X wurden mittelſt der in der Figur 320 ſichtbaren Mikroſkope F, F abgeleſen.

„Das Stück IHI. (Fig. 317 und 318), das auf einem hervorſpringenden Steine der Mauer befeſtigt und ein wenig unterhalb der Pendelkugel aufgeſtellt war, beſtand aus einer kleinen kupfernen, gut geſchliffenen und horizontal geſtellten Scheibe IH, die man beliebig mittelſt einer Schraube von ſehr feinen Gängen heben und ſenken konnte. Wenn nach Beendigung einer Beobachtung die Länge des Pendels

gemeſſen werden ſollte, ſo begann man damit, daſſelbe zur Ruhe zu bringen, ſchraubte dann die kleine kupferne Scheibe aufwärts, bis ſie die Platinkugel an ihrer untern Seite eben berührte (was ſich bei der Langſamkeit der Annäherung mit großer Genauigkeit beobachten ließ), entfernte das Pendel aus der Verticale, und ſchob die Aufhängeſchneide ſeitwärts, ſo daß nur noch übrig blieb den Maaßſtab aufzulegen, um den Abſtand von der kleinen Scheibe bis zu der obern Ebene, welche die Schneide trug, zu meſſen.

„Zu dieſem Behufe ward dieſer Maaßſtab aus der Lage OP (Fig. 309), die er während der Schwingungen des Pendels hatte, bis zur Mitte der Oeffnung ST, wo zuvor die Aufhängeſchneide ſtand, geſchoben; ſobald nun der Maaßſtab die Stelle des Pendels eingenommen hatte, fiel das Züngelchen auf die kleine Scheibe IH, und gab durch ſeine Theilung die Länge des Pendels von dem Aufhängepunkte bis zum tiefſten Punkte der Kugel an.“

Nachdem jetzt der Leſer die Beſchreibung des Borda'ſchen Apparates und der an ihm angebrachten Verbeſſerungen kennt, erübrigt nur noch die Darlegung der in beiden Halbkugeln der Erde, unter den verſchiedenſten Breiten, in der Nähe des Aequators und bis gegen beide Pole hin erhaltenen Reſultate. Die Seereiſen der Capitäne Sabine, Freycinet und Duperrey haben auf eine erfreuliche Weiſe die in Europa von den Aſtronomen unternommenen Verſuche vervollſtändigt. Die verſchiedenen Beobachtungen, welche die größten Bürgſchaften der Genauigkeit darbieten, ſind in der folgenden Tabelle zuſammengeſtellt:

Namen der Beobachtungsſtationen.	Nördliche Breite.	Beobachtete Längen des Secundenpendels in Millimetern, auf den leeren Raum und die Oberfläche d. Meeres reducirt.	Namen der Beobachter.
Spitzbergen.	79° 49′ 58″	996,036	Sabine.
Grönland.	74 32 19	995,746	Sabine.
Hammerfeſt.	70 40 5	995,531	Sabine.
Drontheim.	63 25 54	995,013	Sabine.
Unſt.	60 45 25	994,946	Biot.
Portſoy.	57 40 59	994,691	Kater.
Fort von Leith.	55 58 37	994,531	Biot.

Namen der Beobachtungsstationen.	Nördliche Breite.			Beobachtete Längen des Secundenpendels in Millimetern. auf den leeren Raum und die Oberfläche d. Meeres reducirt.	Namen der Beobachter.
Clifton.	53°	27′	43″	994,302	Kater.
Arbury-Hill.	52	16	55	994,227	Kater.
London.	51	31	8	994,123	Kater.
Dünkirchen.	51	2	10	994,080	Biot, Mathieu.
Shanklin-Farm.	50	37	24	994,047	Kater.
Paris.	48	50	14	993,900	Biot, Borda, Caſſini, Bouvard, Mathieu.
Clermont-Ferrand.	45	46	48	993,582	Biot, Mathieu.
Mailand.	45	28	1	993,548	Biot, Ed. Biot.
Padua.	45	24	3	993,607	Biot, Ed. Biot.
Fiume.	45	19	0	993,584	Biot, Ed. Biot.
Bordeaux.	44	50	26	993,453	Biot, Mathieu.
Figeac.	44	36	45	993,458	Biot, Mathieu.
Toulon.	43	7	20	993,365	Duperrey.
Barcelona.	41	23	15	993,232	Biot, Ed. Biot.
New-York.	40	42	43	993,159	Sabine.
Formentera.	38	39	36	993,070	Arago, Biot, Chaix.
Lipari.	38	28	37	993,079	Biot, Ed. Biot.
Inſel Mowi.	20	50	7	991,775	Freycinet.
Jamaica.	17	56	7	991,472	Sabine.
Inſel Guam.	13	27	51	991,455	Freycinet.
Trinidad.	10	38	56	991,064	Sabine.
Sierra-Leona.	8	29	28	991,107	Sabine.
St. Thomas.	0	24	41	991,111	Sabine.
	Südl. Breite.				
Rawak.	0	1	34	990,947	Freycinet.
Maranham.	2	31	43	990,897	Sabine.
Ascenſion.	7	55	48	991,196	Sabine.
Bahia.	12	59	21	991,220	Sabine.
Isle de France.	20	9	40	991,771	Freycinet.
Rio-Janeiro.	22	55	13	991,696	Freycinet.
Paramata.	33	48	42	992,535	Brisbane.
Port Jackſon.	33	51	34	992,615	Freycinet.
Port Jackſon.	33	51	40	992,578	Duperrey.
Cap.	33	55	15	992,578	Freycinet.

Namen der Beobachtungsstationen.	Südliche Breite.	Beobachtete Längen des Secundenpendels in Millimetern, auf den leeren Raum und die Oberfläche d. Meeres reducirt.	Namen der Beobachter.
Maluinen.	51° 31′ 44″	994,115	Duperrey.
Maluinen.	51 35 18	994,055	Freycinet.

In dieser Tabelle sind die Beobachtungen auf das Meeresniveau reducirt, unter Zugrundelegung der Annahme, daß die anzubringende Correction dem Quadrate des Abstandes vom Mittelpunkte der Erde proportional ist; dieselbe ist für alle zuvorgenannten Orte wegen ihrer geringen Höhe im Verhältniß zur Größe des Erdhalbmessers fast unmerklich, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Beobachtungsstationen.	Höhen derselben über dem mittleren Meeresniveau in Metern.	Beobachtete Pendellänge in Millimetern.	Auf das Meeresniveau reducirte Pendellänge in Millimetern.
Dünkirchen.	4,05	994,079137	994,080382
Meridiansaal der Pariser Sternwarte.	79,25	993,844842	993,866780
Mailand.	150,08	993,500800	993,547642
Formentera.	202,20	993,006385	993,069660
Clermont-Ferrand.	406,00	993,455560	993,582277

Die Correction beträgt für Orte unter 200 Meter nur Hundertheile des Millimeters, und übersteigt für Orte von 400 Meter Höhe kaum ein Zehntel Millimeter.

Die Vergleichung der Beobachtungen zeigt, daß die Erde keine vollkommen elliptische Gestalt besitzt, selbst wenn man nur die mittlere Oberfläche betrachtet, welche durch Substitution des Meeres an die Stelle der Continente erzeugt werden würde. In den folgenden Kapiteln werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen. Im Grunde, und für die uns jetzt beschäftigende Frage ist der Unterschied wenig beträchtlich, und man kann als ein Gesetz, welches von den durch die Versuche erhaltenen Resultaten nicht sehr abweichende Werthe gibt, annehmen, daß die Pendellänge zwischen zwei wenig von einander entfernten Orten sich proportional dem Quadrate der Breite ändert, wie dies auf einem vollkommenen Ellipsoide der Fall sein würde, wenn wir ein solches der Erde substituirten. Wenn man alle Beobachtungen mit

einander verbindet, und auf einen gemeinschaftlichen Breitengrad alle diejenigen reducirt, welche bei nahe gleichen Breiten angestellt worden sind, so erhält man folgende Zahlen:

	Berechnete Pendellänge, auf den leeren Raum und auf das Meeresniveau reducirt, in Millimetern.
Am Pole	996,189
Paris (48° 50′ 14″)	993,960
Unter 45° Breite	993,520
Unter dem Aequator	991,027

An einem gegebenen Orte hängt die Intensität der Schwere selbst mit der Länge eines Pendels, welches Secunden schlägt (eines Secundenpendels), durch eine sehr einfache Formel zusammen. Aus allen in Paris zur Bestimmung der Pendellänge unternommenen Untersuchungen folgt 9,8088 Meter als Maaß für die Intensität der Schwere, d. h. ein Körper, der in Paris eine Secunde lang im leeren Raume fällt, erlangt eine solche Geschwindigkeit, daß er, wenn die Schwere zu wirken aufhörte, in allen folgenden Secunden seiner Bewegung einen Raum von 9,8088 Metern durchlaufen würde. Dies Resultat zeigt ferner, daß ein zu Paris im leeren Raume ohne irgend eine Anfangsgeschwindigkeit fallender Körper während der ersten Secunde seines Falles 4,9044 Meter zurücklegt. Hiernach und weil die Intensität der Schwere proportional der Länge des Secundenpendels wächst, erhält man folgende Tabelle zur Uebersicht der Aenderung der Schwere auf der Oberfläche der Erde:

	Geschwindigkeiten der an verschiedenen Orten fallenden Körper, die Geschwindigkeit in Paris gleich 9,8088 Meter gesetzt.	Schwere an verschiedenen Orten, die Schwere in Paris gleich 1 gesetzt.
Am Pole	9,8314	1,0023
In Paris	9,8088	1,0000
Unter 45° Breite	9,8049	0,9996
Unter dem Aequator	9,7803	0,9971

Nimmt man die auf S. 55 gegebenen Zahlen der Längen des

einfachen Pendels, ſo kann man jetzt ohne Schwierigkeit die Intenſität der Schwere an jedem Orte durch einfache Proportionen berechnen.

Dreizehntes Kapitel.

Anziehung der Gebirge.

Die unbeſchränkte Gültigkeit der Geſetze der allgemeinen Anziehung muß nothwendig zu dem Gedanken führen, daß irgend ein hervorragender Gegenſtand auf der Oberfläche der Erde, z. B. eine Mauer, ein Haus, ein Berg einen fallenden Körper oder das am Ende eines Fadens aufgehangene Bleiloth verhindern müſſe, ſich genau nach dem Mittelpunkte der Erde zu richten. Indeß iſt wegen der ungeheuren Größe der Erde im Vergleich mit den größten Bergen doch leicht begreiflich, daß die Ablenkung des Bleilothes nur ſehr klein ausfallen kann. Um dieſelbe nachzuweiſen, bedarf es ſehr feiner Beobachtungen. Wir wollen annehmen, wir beſtimmten nach den früher (Bd. 13, S. 196) erläuterten aſtronomiſchen Methoden die Breiten zweier auf einem und demſelben Meridiane gelegenen Orte, von denen der eine dieſſeits, der andere jenſeits eines Berges liegt, ſo wird der Unterſchied dieſer beiden Breiten den Winkel zwiſchen den wirklichen Verticalen an beiden Orten geben. Mißt man nun durch geodätiſche Operationen die Entfernung zwiſchen dieſen beiden Orten, ſo kann man unter Berückſichtigung der bekannten Abplattung der Erde berechnen, wie groß der Unterſchied der Breiten beider Stationen ſein muß. Dieſer Unterſchied wird den Winkel zwiſchen den beiden hypothetiſch angenommenen, durch den Berg nicht abgelenkten Verticalen geben. Aus der Vergleichung der beiden durch die genannten Verfahren erhaltenen Zahlen ergibt ſich dann, wenn alle Beobachtungsfehler in Rechnung gezogen ſind, der doppelte Werth der geſuchten Ablenkung.

Der erſte Verſuch, den man gemacht hat, um die Ablenkung auszumitteln, welche ein Berg in der Richtung des Bleilothes veranlaſſen kann, datirt vom Jahre 1738, d. h. von jener Zeit, wo eine Commiſſion von Mitgliedern der pariſer Akademie den peruaniſchen Längen-

grad maß. Der benachbarte Chimborazo ſchien beſonders zu derartigen Unterſuchungen geeignet; Bouguer hatte unter der Annahme, daß der Berg durchaus keine hohlen Räume in ſich faſſe, durch eine angenäherte Rechnung gefunden, daß ſeine Einwirkung 1′ 30″ überſteigen würde; leider aber gaben die Beobachtungen eine viel kleinere Zahl, denn im Mittel betrug die doppelte Ablenkung nur 15″. Wenn übrigens die Kleinheit des zur Meſſung angewandten Quadranten und die Abweichungen der partiellen Meſſungen von einander kaum geſtatten, aus dieſer Arbeit die Folgerung zu ziehen, daß der Berg auf das Bleiloth überhaupt eine merkliche Anziehung ausgeübt hat, ſo iſt es noch um ſo weniger erlaubt, eine numeriſche Angabe über die Größe derſelben daraus herzuleiten.

Im Jahr 1773 hat Maskelyne dieſelben Verſuche am Fuße des Sheſhallienberges in Schottland wiederholt und aus der erhaltenen Ablenkung das Verhältniß der Maſſe der Erde zu der des Berges, und ſomit die Dichtigkeit der Erde ſelbſt im Ganzen genommen, abzuleiten geſucht; er erhielt eine um ungefähr eine Einheit kleinere Zahl als die ſpäter von Cavendiſh mittelſt der weiter oben (S. 38) beſchriebenen Verſuche gefundene. Im 13. Bd. S. 256 haben wir bereits geſehen, daß die Differenz zwiſchen der von Plana und Carlini in Italien zwiſchen Andrate und Mondovi durch geodätiſche Operationen gemeſſenen und der berechneten Länge eines Meridiangrades ſich nur durch die Anziehung erklären läßt, welche die Alpenkette auf das Bleiloth ausgeübt hat.

Indeß kann ich nicht unterlaſſen hier die Bemerkung anzuſchließen, daß die Aſtronomen den localen Anziehungen vielleicht eine zu große Bedeutung zuſchreiben, und durch dieſelbe Abweichungen zu erklären geſucht haben, die ſehr oft viel natürlicher bloßen Beobachtungsfehlern hätten zugeſchrieben werden ſollen.

Vierzehntes Kapitel.

Metrisches System.

Durch die zur Bestimmung der Länge verschiedener Meridiangrade unternommenen geodätischen Operationen und durch die in verschiedenen Gegenden ausgeführten Beobachtungen der Pendelschwingungen war die Idee eines allgemeinen und unveränderlichen Maaßes entstanden, das seinen Ursprung in der Natur selbst haben sollte. Picard, der die beiden Systeme von Beobachtungen unter sich in der Absicht verknüpft hatte, daß man jeder Zeit die Länge der Toise wieder finden könnte, schlug die Länge des Pendels als allgemeines Maaß vor und gab ihm den Namen des astronomischen Radius. Monton kam 1670 darauf, man sollte als allgemeine Maaßeinheit die Minute eines Grades nehmen, die er Meile nannte und deren Theile und Unterabtheilungen sämmtlich zehntheilig waren. Cassini sprach in seinem Werke sur la Grandeur et la Figure de la Terre sehr nahe dieselbe Idee aus, indem er ein Fußmaaß vorschlug, welches der sechstausendste Theil einer Minute eines Meridiangrades sein sollte, oder auch eine Elle von zwei solchen Fußen, welche der zehnmillionenste Theil des Erdradius wäre, oder endlich eine Toise von sechs solchen Fußen, so daß der Grad dann 60000 Toisen gehabt haben würde.

Einige Schriftsteller haben behauptet, daß die Alten ebenso wie die Neuern die Idee eines allgemeinen der Natur entlehnten Maaßes gehabt hätten; es ist aber kein entscheidender Beweis geliefert worden, daß ein solches System von Messungen ausgeführt oder auch nur wirklich ausgedacht worden ist. Die wahrhaft chaotische Verwirrung, in welche am Ende des achtzehnten Jahrhunderts durch die unglaubliche Willkühr und Verschiedenheit der man möchte sagen von Dorf zu Dorf sich ändernden Maaße alle socialen Verhältnisse gerathen waren, rief eine Reform hervor, die mit jedem Tage allgemeiner zu werden strebte. Nachdem mehrere Projecte nach einander vorgeschlagen und zurückgewiesen waren, nahm endlich im Jahre 1790 die constituirende Versammlung auf Talleyrand's Vorschlag das Decret an, wonach die Akademie der Wissenschaften beauftragt wurde, eine un-

veränderliche Einheit für alle Maaße und Gewichte zu suchen. Infolge dieses Decrets stellte eine aus Borda, Lagrange, Laplace, Monge und Condorcet gebildete Commission in einem Berichte am 19. März 1791 die Grundlagen des zehntheiligen metrischen Systemes in folgender Weise fest: als Einheit für die übliche Länge ist der zehnmillionenste Theil des Quadranten eines Erdmeridians zu nehmen, und die Gewichte aller Körper sind auf die des destillirten Wassers zu beziehen; das System ist ferner für die Bildung größerer Maaße oder kleinerer Unterabtheilungen zehntheilig auszuführen.

Die von der Akademie zur Einführung des neuen Systemes in die Praxis nothwendig erachteten Operationen wurden unmittelbar von der constituirenden Versammlung angenommen, nach deren Willen ohne irgend einen Verzug Hand ans Werk gelegt werden sollte; sie bestanden 1) in der Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen Dünkirchen und Barcelona, und überhaupt in der Ausführung aller astronomischen Beobachtungen, welche auf dieser Linie nützlich erscheinen könnten; 2) in der Nachmessung der alten Basen, welche für die bei Paris gemachte Gradmessung und zu den Arbeiten der Karte von Frankreich gedient hatten; 3) in der Anstellung neuer Beobachtungen, um die Reihe der zur Gradmessung gebrauchten Dreiecke zu berichtigen und nach Spanien zu verlängern; 4) in der Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels (reducirt auf den leeren Raum und das Niveau des Meeres), damit man mit Leichtigkeit die neue Maaßeinheit durch die bloße Beobachtung des Pendels wiederfinden könne; 5) in der durch neue Versuche zu bewirkenden Bestimmung des im leeren Raume genommenen Gewichts eines Volumens destillirten Wassers von bestimmter Temperatur; und 6) in der Reduction der verschiedenen im Handel gebräuchlichen Längen-, Flächen- und Hohlmaaße, so wie der verschiedenen üblichen Fußlängen.

Die Arbeiten, welche ebenso vollständig als bestimmt vorgezeichnet waren, wurden ungesäumt begonnen und unter allen Unglücksfällen einer durch Revolutionen bewegten Zeit, unter Krieg und Hungersnoth fortgesetzt. Ein am 18. Germinal an III (7. April 1795) auf einen Bericht von Prieur erlassenes Gesetz belebte übrigens die Unternehmung wieder aufs Neue, brachte gewisse Modificationen in

dem ursprünglichen Plane an und setzte die Benennung der Maaße und Fuße fest. Die gesetzmäßigen Längenmaaße sind seitdem:

Das Myriameter oder	10000	Meter
das Kilometer	1000	=
das Hektometer	100	=
das Dekameter	10	=
das Meter	1	=
das Decimeter	0,1	=
das Centimeter	0,01	=
das Millimeter	0,001	=

Die Hohlmaaße für Flüssigkeiten und Körner sind:

Das Kiloliter oder Cubikmeter,
das Hectoliter,
das Dekaliter,
das Liter oder Cubikdecimeter,
das Deciliter,
das Centiliter.

Die Gewichte sind:

Das Kilogramm oder das Gewicht eines Cubikdecimeters destillirten Wassers,
das Hektogramm,
das Dekagramm,
das Gramm,
das Decigramm,
das Centigramm,
das Milligramm.

Die Flächenmaaße sind:

Die Hektare oder	10000	Quadratmeter
die Are	100	=
die Centiare	1	=

Die Volumenmaaße für Holz sind:

Das Stère oder Cubikmeter,
das Decistère.

Die Münzeinheiten sind:

Der Franc oder 5 Gramm einer Legirung aus 9 Theilen Silber und 1 Theil Kupfer
der Decime,
der Centime.

Dieſe dem Griechiſchen und Lateiniſchen entlehnten Namen haben den unbeſtreitbaren Vorzug, in alle Sprachen eingeführt werden zu können. Was den Vorwurf von Barbarei betrifft, den man gegen mehrere unter ihnen erhoben hat, ſo iſt er, wie Delambre bemerkt, nicht von großer Bedeutung; er bezieht ſich beſonders auf hekto, das man abgekürzt für hekaton gebraucht hat, und auf kilo, wo man ein k an die Stelle des ch in dem bei Homer (Iliade B. 5. V. 860 und B. 14. V. 148) vorkommenden Worte χίλοι geſetzt hat. Ein ſolcher Vorwurf dürfte wohl kaum das Verdienſt einer der ſchönſten Leiſtungen der Wiſſenſchaften ſchmälern. Man hat nicht nur einen ausgedehnten Bogen des Erdmeridians gemeſſen, man hat auch das Verhältniß zwiſchen der angenommenen Maaßeinheit und der Länge des Secundenpendels nach Reduction auf den leeren Raum und das Niveau des Meeres unter verſchiedenen Breiten beſtimmt, ſo daß, wenn ſelbſt Erdbeben und furchtbare Waſſerfluten kommen und unſern Planeten aufwühlen und die in den Archiven niedergelegten Normalmaaßſtäbe zerſtören ſollten, ein mit dem Pendel gemachter Verſuch die Länge eines Meters wieder kennen lehren und ſo das zehntheilige metriſche Syſtem unverändert herſtellen würde. Man wird begreifen, daß die Aufgabe, welche ſich die erſte Commiſſion der Akademie der Wiſſenſchaften geſtellt hatte, das Meter genau dem zehnmillionenſten Theile vom Quadranten des Erdmeridians gleich zu machen, nicht in ihrer vollen Strenge hat gelöſt werden können. Man wünſchte dringend das neue Längenmaß zu beſitzen; die Erſetzung der alten Maße durch die neuen litt keinen Aufſchub, um nicht die Durchführung einer ſolchen Revolution in den kaufmänniſchen und den häuslichen Verhältniſſen aufs Spiel zu ſetzen. Man nahm deßhalb als Ellipſe des Erdmeridians eine Ellipſe an, welche einer Abplattung von $^1/_{334}$ entſpricht, und deren Viertelumfang eine Länge von 5130740 Toiſen hatte. Der zehnmillionenſte Theil dieſer Länge gab als Werth für das Meter 0,513074 Toiſen oder 3 Fuß 11,296 Linien, da die Toiſe bekanntlich in 6 Fuß, der Fuß in 12 Zoll und der Zoll in 12 Linien getheilt war. Die Discuſſion ſämmtlicher geodätiſchen Meſſungen hat gezeigt, daß die Abplattung der Erde $^1/_{299,15}$ beträgt (Bd. 13, S. 258). Infolge dieſer Aenderung wird die Länge eines Quadranten des elliptiſchen Meridians 10000856

Meter anſtatt 10000000 Meter. Iſt dies einmal bekannt, ſo iſt die Länge eines Meters um Nichts weniger gut beſtimmt und feſtgeſtellt; ſie ſteht in einer ganz bekannten Beziehung zu den Dimenſionen unſerer Erde und kann außerdem, wie ſchon geſagt, zu jeder Zeit durch feine, aber doch raſch und leicht ausführbare Verſuche wieder gefunden werden.

Das Institut de France und die franzöſiſche Regierung haben bei dieſer Gelegenheit der Welt ein ſchönes und großartiges Beiſpiel gegeben, das in der Geſchichte der Wiſſenſchaften einzig daſteht; ſie wünſchten, daß ein Congreß von Gelehrten aller Nationen, welche Deputirte zu ſchicken geneigt wären, zuſammentrete, um von den bereits ausgeführten Beobachtungen und Verſuchen Kenntniß zu nehmen, um ſie zu prüfen und nöthigenfalls wieder von Neuem vorzunehmen, und um ſich von der Genauigkeit aller Beſtimmungen und Berechnungen zu überzeugen. Es wird mir geſtattet ſein, hier die Namen aller derjenigen zuſammenzuſtellen, die in verſchiedenem Grade an dieſer unermeßlichen Arbeit Theil genommen haben; ich werde aus den verſchiedenſten Wiſſenſchaften berühmte Männer anzuführen haben, welche Ländern angehörten, denen es für immer zum Ruhme gereichen wird, die Größe der geſtellten Aufgabe begriffen, und edelmüthig und mit Aufopferung zu ihrer Löſung beigetragen zu haben. Die franzöſiſchen Gelehrten, welche verſchiedene Verſuche und Unterſuchungen für die Beſtimmung des Meters, des Kilogramms, für Meſſung des Meridianbogens und der Länge des Secundenpendels ausgeführt haben, ſind: Laplace, Lavoiſier, Borda, Delambre, Méchain, Bellet, Berthollet, Briſſon, Condorcet, Coulomb, Darcet, Hauy, d'Herbelot, Lagrange, Lefèvre-Gineau, Le Français de Lalande, Legendre, General Meunier, Monge, Pleſſis, Pommard, Prony, Tranchot, Vandermonde, Biot, Arago; ihnen müſſen noch die Mechaniker Lenoir und Fortin, welche Apparate von einer für immer rühmlichen Vollkommenheit conſtruirt haben, angereiht werden. Die auswärtigen Gelehrten, welche theils an den Operationen, theils an deren Prüfung Theil genommen haben, ſind[9]): Aeneae und von Swinden, Deputirte der bataviſchen Republik; Balbo und Vaſalli Eandi aus Piemont; Bugge aus Dänemark; Alvarez, Bueno, Ciscar, Gonzales, Pedrayes, Pla-

uez, Chair, Rodriguez aus Spanien; Fabroni, Deputirter von Toscana; Franchini, Deputirter der römiſchen Republik; Maſcheroni, Deputirter der cisalpiniſchen Republik; Multedo, Deputirter der liguriſchen Republik; Tralles, Deputirter der helvetiſchen Republik. Später haben mein berühmter Freund Alexander von Humboldt, der engliſche Kapitän Kater, dann unſere Landsleute Bouvard und Mathieu mit Biot und mir, den früher gemachten Beobachtungen Ergänzungen hinzugefügt, um die auf dem Continente unternommenen Operationen bis nach England und Schottland zu verlängern. So hat ſich das Syſtem der zehntheiligen metriſchen Maaße, das, wie zu hoffen ſteht, zuletzt von allen Nationen angenommen werden wird, an die höchſten aſtronomiſchen Fragen angeſchloſſen; ſeine Aufſtellung hat zur Beſtätigung der Geſetze der allgemeinen Anziehung gedient, indem ſie eine vollſtändig genaue Vorſtellung von der Geſtalt und den Dimenſionen unſerer Erde gegeben hat.

Funfzehntes Kapitel.

Urſache der Abplattung der Erde.

Nachdem die Abplattung der Erde bewieſen und gemeſſen iſt (Bd. 13, S. 254), erübrigt noch die Angabe ihrer Urſache; ja noch mehr, es muß auch der Verſuch gemacht werden, die Größe derſelben theoretiſch herzuleiten. Eine Theorie hat nur vollſtändige Gültigkeit, ſo lange ſie die beobachteten Erſcheinungen ſelbſt bis ins kleinſte Detail erklärt. Seitdem unſer Landsmann Richer entdeckt hatte, daß ein und derſelbe Körper, ſeine Beſchaffenheit ſei welche ſie wolle, um ſo weniger wiegt, je näher man ihn dem Aequator bringt, ſchloß Jeder, dies rühre davon her, daß die Erde, wenn ſie urſprünglich flüſſig war, ihre Anſchwellung der Centrifugalkraft verdanke, welche die Flüſſigkeitstheilchen von der Axe, um welche die tägliche Rotation geſchieht, zu entfernen ſtrebt, indem dieſe Kraft ihre Wirkung mit der auf jedes Molecül von der geſammten Maſſe ausgeübten Anziehung combinire. Huygens und Newton blieben bei dieſem allgemeinen Ausſpruche, der nur noch Hypotheſe war, nicht ſtehen; ſie berechneten den Unterſchied zwiſchen

der großen und kleinen Axe, den Ueberschuß des Aequatorialdurchmessers über den Polardurchmesser. Huygens' Rechnung stützte sich auf hypothetische und gänzlich unzulässige Eigenschaften der Anziehungskraft; Newton's Rechnung auf ein nicht bewiesenes Theorem und auf die Hypothese, daß die Erde ursprünglich flüssig und vollkommen homogen war. Wenn man, um wichtige Probleme zu lösen, solche Vereinfachungen zuläßt; wenn man, um Schwierigkeiten der Rechnung zu entgehen, sich so wesentlich von den in der Natur vorliegenden physischen Bedingungen entfernt: so beziehen sich die Resultate auf eine ideale Welt, sind in Wahrheit nur ein Spiel des Geistes.

Um die mathematische Analyse in Frucht bringender Weise auf die Bestimmung der Gestalt der Erde anzuwenden, mußte jede Hypothese von Homogeneität, jede gezwungene Aehnlichkeit zwischen den Formen der übereinander liegenden und ungleich dichten Schichten verbannt werden; man mußte selbst den Fall eines festen centralen Kerns ins Auge fassen. Diese Allgemeinheit verzehnfachte die Schwierigkeiten der Aufgabe, hemmte aber zwei französische Mathematiker von seltenem Scharfsinne nicht; durch die Arbeiten Clairaut's und d'Alembert's, durch gewisse wesentliche Entwickelungen, welche ihre unmittelbaren Nachfolger und besonders der berühmte Legendre hinzugefügt haben, hat die theoretische Bestimmung der Gestalt der Erde jede wünschenswerthe Genauigkeit erlangt. Es herrscht jetzt die schönste Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Rechnung und den Werthen der directen Messungen, die sonach gedient haben, um einen Erfahrungsbeweis für die Attractionsgesetze zu geben. Die Erde ist also ursprünglich flüssig gewesen, und hierin liegt die Ursache ihrer Abplattung.

Sechszehntes Kapitel.

Ursache der hauptsächlichsten Störungen in der Bewegung des Mondes.

Bei seinem Umlaufe um die Erde befolgt der Mond die Keppler'schen Gesetze, oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Gesetze der gegenseitigen Anziehung zweier Körper; wirkten nicht gleichzeitig auch

noch andere Kräfte auf unſern Satelliten, ſo würden die Grundſätze der Mechanik, wie ſie Newton in ſeinen Principien der Naturphiloſophie entwickelt hat, hinreichen, alle Bewegungen des Mondes genau darzuſtellen.

Laſſen wir nun aber eine zweite Kraft einwirken, indem wir die Anziehung ins Auge faſſen, welche die Sonne auf den Mond ausübt; kurz nehmen wir ſtatt zweier Körper deren drei an, ſo wird die Keppler'ſche Ellipſe uns nur noch eine ungefähre Vorſtellung von der Bewegung des Mondes gewähren. Während nämlich auf einer Seite die Attraction der Sonne zur Vergrößerung der Dimenſionen der Mondbahn beiträgt, und eine ſolche Vergrößerung in der That hervorruft, wird auf der andern Seite das Gegentheil eintreten. Die in der Sonne ihren Sitz habende Kraft wird an gewiſſen Punkten in derjenigen Richtung wirken, in welcher ſich das Geſtirn bewegt, und demgemäß die Bewegung beſchleunigen; an andern Punkten hingegen wird die Wirkung die entgegengeſetzte ſein. Mit einem Worte, es wird durch Einführen eines dritten anziehenden Körpers, an Stelle des einfachen regelmäßigen Laufes, den man nicht anders als mit Wohlgefallen betrachten konnte, die größte Verwickelung hervorgerufen werden und eine ſcheinbare Verwirrung eintreten.

Während Newton für den Fall zweier ſich gegenſeitig anziehenden Körper eine erſchöpfende Löſung des Problems der Bewegung der Himmelskörper gegeben hatte, verſuchte er nicht einmal eine analytiſche Löſung des unvergleichlich ſchwierigeren Problems der drei Körper. Das Problem der drei Körper (dies iſt der Name, unter welchem dieſe Aufgabe berühmt geworden iſt) beſteht darin, die Bewegung eines Geſtirnes unter dem Einfluſſe der Anziehung zweier anderer Geſtirne zu beſtimmen; der franzöſiſche Aſtronom Clairaut hat dies Problem zuerſt gelöſt. Von dieſer Zeit her ſchreiben ſich alle die Fortſchritte, die man zu immer ſteigender Vollkommenheit der Mondtafeln gemacht hat, und die Laplace aufs Höchſte trieb durch ſeinen außerordentlichen Scharfſinn, gepaart mit einer Ausdauer ohne Gleichen. Aus dieſen Mondtafeln läßt ſich für jeden beliebigen Zeitpunkt die Stellung des Mondes berechnen, und damit erhält man die Auflöſungen aller Aufgaben der nautiſchen Aſtronomie mit einer ſo großen Genauigkeit,

daß Laplace als einer der Wohlthäter des menſchlichen Geſchlechts betrachtet werden muß, indem er es war, welcher durch ſeine Grundlagen der Vorausberechnung des Mondlaufs jede Seereiſe ſicher und ſchnell auszuführen gemacht hat.

Im einundzwanzigſten Buche bereits habe ich die drei wichtigſten Ungleichheiten der Mondbewegung genannt, die Evection, die Variation und die jährliche Gleichung (Kap. 3, S. 299 des 3. Bandes der Aſtronomie). Das Problem der drei Körper gewährt uns eine volle Einſicht in dieſe drei Ungleichheiten. Befände ſich nämlich die Sonne in unendlicher Entfernung von Erde und Mond, ſo würde ſie auf dieſe beiden Körper in gleicher Weiſe einwirken, und die relative Bewegung derſelben würde ungeſtört bleiben. Iſt nun allerdings die Entfernung der Sonne, im Vergleich mit der zwiſchen Erde und Mond, ſehr groß, ſo iſt ſie doch keineswegs unendlich; der Mond ſteht bald in geringerer, bald in größerer Entfernung von der Sonne, als die Erde, und diejenige gerade Linie, welche die Mittelpunkte von Sonne und Mond verbindet, macht zu verſchiedenen Zeiten ſehr verſchiedene Winkel mit dem Radiusvector der Erde. Daher kommt es, daß die Sonne, je nach der reſpectiven Lage der genannten drei Körper, mit verſchiedener Kraft und nach verſchiedenen Richtungen wirkt. Es entſtehen daraus die Variation, d. h. die Ungleichheit im Winkel zwiſchen den Linien von der Erde zum Monde und von der Erde zur Sonne, und die Evection oder die Ungleichheit im Abſtande der Erde vom Monde. Dadurch, daß der mittlere Abſtand des Mondes von der Erde abwechſelnd bald zunimmt und bald ſich verringert, entſtehen auch in der Dauer ſeines Sideralumlaufes entſprechende Aenderungen, welche die ſogenannte jährliche Gleichung ausmachen. Durch die Geſetze der allgemeinen Gravitation werden auf eine äußerſt genaue Weiſe dieſe drei Störungen dargeſtellt, welche man ſchon aus den Beobachtungen erkannt hatte, noch bevor irgend eine theoretiſche Betrachtung das Vorhandenſein derſelben hatte ahnen laſſen.

Siebzehntes Kapitel.

Störungen in der Bewegung des Mondes, herrührend von der Abplattung der Erde.

Der Lauf des Mondes wird durch die Erde geregelt. Nun ist die Erde abgeplattet, und ein abgeplatteter Körper übt seine Anziehung in etwas anderer Weise, als eine Kugel. Aus diesem Grunde muß sich in der Mondbewegung oder, wie man versucht sein könnte zu sagen, muß sich im Gange des Mondes gewissermaßen die Abplattung der Erde abspiegeln. Dies war, in seiner ursprünglichen Gestalt, der Gedanke, den Laplace hatte.

Es war zunächst zu ermitteln (darin lag die hauptsächliche Schwierigkeit), ob diese charakteristischen Züge, welche die Abplattung der Erde der Bewegung unseres Mondes nothwendig einprägen mußte, hinlänglich groß und wahrnehmbar wären, um nicht innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler zu fallen; ferner mußte die allgemeine Formel für Störungen dieser Art aufgefunden werden, aus welcher sich dann die Unbekannte, wie wir dies gelegentlich der Sonnenparallaxe gesehen haben, ergeben konnte.

Durch seine Ausdauer und seinen analytischen Scharfsinn wußte Laplace alle diese Schwierigkeiten zu überwinden. Bei einer Untersuchung, welche außerordentlichen Aufwand von Sorgfalt und Kraft forderte, entdeckte dieser große Mathematiker zwei besonders ausgezeichnete und charakteristische Störungen in der Mondbewegung, die beide von der Erdabplattung abhängen. Die erste tritt bei der Bewegung unseres Mondes in demjenigen Theile hervor, den man insbesondre mit einem Instrumente bestimmt, welches auf unsern heutigen Sternwarten Mittagsfernrohr genannt wird; es ist dies die Störung des Mondlaufs in Länge. Die zweite dagegen, welche nahezu in der Richtung von Nord nach Süd stattfindet, läßt sich im Grunde nur durch Beobachtungen an einem zweiten Instrumente, nämlich mittelst des Mauerkreises erkennen; dies ist die Ungleichheit der Mondbewegung in Breite.

Diesen beiden Ungleichheiten, an sich sehr verschiedener Größe, und mittelst zweier durchaus verschiedener Instrumente erkennbar, hän-

gen durch wesentlich unterschiedene analytische Formen von einer und derselben Ursache ab, und haben nichtsdestoweniger beide zu derselben Größe der Abplattung geführt. Man muß hierbei wohl bemerken, daß diejenige Abplattung, welche in der angedeuteten Weise aus der Mondbewegung hergeleitet wird, nicht die specielle Abplattung ist, welche einer oder der andern Gegend zukommt, z. B. diejenige Abplattung, welche man aus Gradmessungen in Frankreich, oder in England, Italien, Lapland, in Nordamerika, Indien, oder in den Gegenden am Cap der guten Hoffnung hergeleitet hat; denn von diesen speciellen Abplattungen trägt eine jede Spuren derjenigen Aenderungen, welche die allgemeine Erdkrümmung zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten durch ansehnliche Hebungen erfahren hat, deren Geschichte durch die Geologie enthüllt wurde. Dadurch wird aber das Resultat aus der Mondbewegung so überaus schätzenswerth, daß uns der Mond die allgemeine Abplattung des Erdkörpers ergeben mußte und in der That ergeben hat; wir haben damit gewissermaßen eine mittlere Bestimmung erhalten, zwischen den so mannigfaltigen andern, die aus geodätischen Operationen abgeleitet worden sind.

Welches sind nun, kann man fragen, diejenigen Elemente, welche unter einander zu vergleichen und neben einander zu stellen waren, um zu Ergebnissen zu gelangen, welche bis zu den letzten Decimalen zuverlässig sind?

Einerseits sind es, lautet die Antwort, mathematische Formeln, hergeleitet aus dem Principe der allgemeinen Gravitation, andererseits, wie wir gesehen haben, sind es gewisse Unregelmäßigkeiten, welche die Beobachtungen der Meridiandurchgänge des Mondes gezeigt haben.

So könnte ein beobachtender Astronom, der von seiner Geburt an das Arbeitszimmer niemals verlassen hätte, der den Himmel niemals anders erblickte, als durch die enge von Nord nach Süd gerichtete Spalte seiner Warte, derjenigen Verticalebene entsprechend, in welcher die wichtigsten astronomischen Instrumente sich ausschließlich bewegen; dem endlich kein anderes Gesetz über die am Himmel vorüberziehenden Gestirne bekannt gewesen wäre, als das von der gegenseitigen Anziehung nach dem Newton'schen Theorem, dennoch durch bloße analytische Studien zu der Entdeckung gelangen, daß sein einfacher und enger

Aufenthalt einem abgeplatteten, ellipsoidischen Umdrehungskörper angehört, dessen Aequatorialdurchmesser die Polar- oder Rotationsaxe um etwa ein Dreihundertstel übertrifft.

Achtzehntes Kapitel.

Die Sonnenparallaxe aus den Ungleichheiten der Mondbewegung hergeleitet.

Schon im 2. Kapitel dieses Bandes (S. 9) haben wir gesehen, wie die Gesetze der allgemeinen Gravitation, verbunden mit der Messung der Geschwindigkeit fallender Körper an der Erdoberfläche (diese Geschwindigkeit wird aus Pendelbeobachtungen berechnet), eine genaue Bestätigung der Theorie gewährt. Umgekehrt könnten also die Beobachtungen der Mondparallaxe und des Pendels zur Berechnung der Größe unseres Planeten, sowie seines Abstandes vom Monde führen, ohne daß der Astronom genöthigt wäre, zu diesem Zwecke sein Observatorium zu verlassen. Laplace hat ferner gezeigt, daß derselbe Astronom, gleichfalls ohne lange und mühselige Reisen zu unternehmen, im Stande wäre, den Abstand der Erde von der Sonne zu bestimmen.

In der That veranlaßt die Sonne im Laufe unseres Mondes Störungen, welche einfach von der Entfernung des Tagesgestirnes von der Erde abhängen. Jedermann sieht im Allgemeinen leicht ein, daß diese Störungen abnehmen müssen bei zunehmendem Abstande, und dagegen zunehmen werden, sobald die Entfernung abnimmt; mit einem Worte, daß die Größe dieser Störungen von dem Abstande abhängig ist.

Nun ergiebt aber die Beobachtung den numerischen Werth dieser Störungen, und andererseits lehrt uns die Theorie den allgemeinen mathematischen Zusammenhang zwischen dem Sonnenabstande und andern bekannten Elementen. Sobald man aber erst bis dahin gelangt ist, bleibt die Berechnung des mittleren Halbmessers der Erdbahn nur noch eine der einfachsten algebraischen Operationen. Mittelst dieser glücklichen Combination gelang es Laplace, das so berühmte Problem der

Parallaxe zu lösen, und so fand dieser geniale Mathematiker, daß der Erdhalbmesser, in senkrechter Richtung von der Sonne aus gesehen, 8″61 groß erscheinen würde. Der Leser wird sich erinnern (vergl. 20. Buch, 30. Kap., Bd. 13, S. 280), daß diese Zahl nur ganz unmerklich von denjenigen Resultaten abweicht, die man aus den Beobachtungen der Venusvorübergänge vor der Sonnenscheibe abgeleitet hat. Offenbar liegt in einer derartigen Uebereinstimmung einer der überzeugendsten Beweise für die allgemeine Gravitation.

Neunzehntes Kapitel.

Ueber die Seculargleichung der Mondbewegung.

Die Bewegung der Erde, als eines Planeten, um die Sonne hängt zwar von der Anziehung ab, welche letztere auf die Erde übt, wird indessen auch von der Anziehung der übrigen Planeten bedingt. Daraus gehen Störungen hervor (4. Kap., S. 16), welche zwar die große Axe der Bahn unverändert lassen, dagegen Aenderungen in der Excentricität erzeugen, sowie in der Lage der Ekliptik, und in der Bewegung der Knoten und Perihellängen. Aber die Störungen der Bewegung unserer Erde spiegeln sich wieder in der Mondbahn. Die störende Kraft der Sonne auf den Mond enthält nämlich ein Glied, das von der Excentricität der Erdbahn abhängt; man erkennt daraus, daß die Bewegung unseres Mondes alljährlich beschleunigt wird, wenn die Excentricität der Erdbahn abnimmt, wie dies in der That von den ältesten Beobachtungen bis auf unsere Tage der Fall ist. Aber diese Beschleunigung wird sogleich in eine Verlangsamung übergehen, sobald die Excentricität, nachdem sie ihr Minimum einst erreicht hat, nicht mehr abnehmen, sondern vielmehr zunehmen wird. Diese Ungleichheit in der mittleren Bewegung unseres Mondes heißt Seculargleichung; obgleich dieselbe sehr gering ist, so zeigt sie dennoch in merklich vergrößertem Maßstabe die Abnahme der Excentricität der Erdbahn selbst. Halley war der Erste, der diese Ungleichheit wahrnahm; das Vorhandensein derselben bestätigten hierauf Dunthorne und Tob. Mayer durch gründliche Untersuchung der neuern Beobachtungen und der von den

Chaldäern und Arabern beobachteten Finsterniſſe. Außer Stande, eine Erklärung für dieſe Erſcheinung aufzuſtellen, hatten manche Aſtronomen dieſelbe, was freilich das Bequemſte war, einfach geleugnet, bis Laplace endlich nachwies, daß ſie nur von den Geſetzen der allgemeinen Gravitation abhängt [19]).

Die mittlere Einwirkung der Sonne auf den Mond hängt überdies auch von der Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik ab; man konnte deshalb vermuthen, daß, da die Lage der Ekliptik veränderlich iſt, auch in der Bewegung unſeres Mondes gleichfalls Seculargleichungen entſtehen müßten, denjenigen ähnlich, welche durch die Aenderung der Excentricität der Erdbahn entſtehen. Laplace hat indeſſen auf analytiſchem Wege gefunden, daß die Mondbahn infolge der Einwirkung der Sonne unaufhörlich in dieſelbe Neigung gegen die Erdbahn zurückgeführt wird, dergeſtalt, daß die größten und die kleinſten Monddeclinationen, infolge der Secularänderungen der Schiefe der Ekliptik, denſelben Aenderungen unterliegen, wie die entſprechenden Sonnendeclinationen. Gleichfalls erleiden die Excentricität der Mondbahn und die große Are infolge der Aenderungen der Excentricität der Erdbahn nur ganz unmerkliche Aenderungen.

Anders verhält es ſich dagegen mit den Aenderungen der Bewegung der Knotenlinie und der Erdnähe (Perigäum) des Mondes. Aus einer äußerſt feinen und ſchwierigen Unterſuchung dieſer Aenderungen hat Laplace das Ergebniß gezogen, daß die mittleren Bewegungen, ſowohl des Perigäums als des Knotens, abnehmen, ſo lange die mittlere Bewegung des Mondes ſelbſt zunimmt; die Seculargleichungen dieſer drei Bewegungen ſtehen unter einander beſtändig im Verhältniß der Zahlen 0,735, 3 und 1. Daraus folgt ſogleich, daß die drei Bewegungen des Mondes in Bezug auf die Sonne, auf ſein Perigäum und ſeine Knotenlinie ſich beſchleunigen, und daß ſich deren Seculargleichungen unter einander verhalten wie die Zahlen 1, 4 und 0,265.

„Die zukünftigen Jahrhunderte," dies ſind Laplace's Worte, „werden dieſe großen Ungleichheiten entwickeln, aus denen einſt in der hundertjährigen Bewegung des Mondes Aenderungen bis zum vierzigſten Theile des Kreisumfanges hervorgehen werden; in der hundertjährigen Bewegung des Perigäums hingegen werden ſie ſogar den

dreizehnten Theil des Kreisumfanges erreichen. Indeſſen ſind dieſe Ungleichheiten nicht ununterbrochen im Wachſen begriffen; ſie ſind im Gegentheil periodiſcher Natur, wie es auch die Ungleichheiten in der Excentricität der Erdbahn ſind, von welcher ſie abhängen; die Periode beträgt Millionen von Jahren. Im Laufe der Jahrhunderte müſſen durch dieſe Umſtände auch jene Zeitperioden abgeändert werden, die man erſonnen hat, um vollſtändige Umläufe des Mondes in Bezug auf ſeine Knoten, ſein Perigäum und in Bezug auf die Sonne zu erhalten."

Zwanzigſtes Kapitel.

Urſache der Libration des Mondes.

Dem nachdenkenden Menſchen bietet der geſtirnte Himmel kaum einen Gegenſtand, der auffälliger und befremdender wäre, als es die vollkommene Gleichheit der mittleren Winkelbewegung beim Umlauf und bei der Umdrehung unſeres Mondes iſt. Infolge dieſer vollkommenen Gleichheit wendet der Mond unſerer Erde fortwährend dieſelbe Seite zu (21. Buch, Kap. 10, 11 und 29). Die heutzutage ſichtbare Hemiſphäre iſt genau dieſelbe, welche unſere Vorfahren in den allerälteſten Zeiten geſehen haben; und ebendieſelbe werden auch unſere ſpäteſten Enkel noch beobachten.

Die Endzwecke, welche manche Philoſophen in ſo hohem Maße und nicht frei von Uebertreibung herbeigezogen haben, um über zahlreiche Erſcheinungen in der Natur Rechenſchaft zu geben, konnten in dem uns gegenwärtig beſchäftigenden Falle unmöglich Anwendung finden. Denn wie wollte man in der That behaupten, es könne für den Menſchen nützlich und intereſſant ſein, ſtets dieſelbe Hälfte der Mondkugel zu betrachten, ohne jemals die entgegengeſetzte zu erblicken? Andererſeits hingegen konnte man ſich nicht verbergen, wie ſehr unwahrſcheinlich es an ſich ſei, daß zwiſchen Elementen, welche, wie die fortſchreitende und die rotirende Bewegung eines beſtimmten Himmelskörpers, unter einander ohne jeden nothwendigen Zuſammenhang ſind, vollkommene, mathematiſch ſtrenge Gleichheit beſtehe. Dazu geſellten

ſich noch zwei andere, ebenſo außerordentliche numeriſche Uebereinſtimmungen: nämlich in Bezug auf die Fixſterne identiſche Stellung des Mondäquators und der Bahn des Mondes, verbunden mit ſtreng gleicher Präceſſionsbewegung dieſer beiden Ebenen. Alle dieſe ſeltſamen Phänomene hat der ältere Caſſini entdeckt; die Geſammtheit derſelben begreift man in der Aſtronomie mit dem Namen der Librationserſcheinungen.

Noch bildete die Libration des Mondes eine große und peinliche Lücke in der phyſiſchen Aſtronomie, als ſie Lagrange auf einen beſondern Umſtand in der Figur unſeres Mondes zurückführte und ſie, als Folge der von der Erde aus nicht wahrnehmbaren Abweichung des Mondes von der Kugelgeſtalt, auf die allgemeine Gravitation zurückführte.

Zu der Zeit, wo der Mondkörper in feſten Zuſtand überging, nahm er unter der Einwirkung der Erde eine weniger regelmäßige und weniger einfache Geſtalt an, als der Fall geweſen wäre, wenn ſich kein fremder, mit Anziehung begabter Körper in der Nähe befunden hätte. Unter dieſer Einwirkung unſerer Erde nahm der Mondäquator, der ohne dieſen Umſtand Kreisgeſtalt erhalten hätte, eine elliptiſche Form an. Dabei erhielt der Mondäquator zwar nichtsdeſtoweniger rundum eine Anſchwellung, nur wurde die Hervorragung des gegen die Erde gerichteten Aequatorialdurchmeſſers vier Mal größer, als die des ſenkrecht auf unſere Geſichtslinie ſtehenden Durchmeſſers.

Könnte demnach ein Beobachter ſich im Raume ſo aufſtellen, daß er den Mond von der Seite betrachtete, ſo müßte ihm derſelbe als ein gegen die Erde hin verlängerter Körper erſcheinen, nicht ganz unähnlich einem Pendel ohne Aufhängepunkt. Hat man nämlich ein Pendel aus der verticalen Stellung entfernt, ſo wird es bekanntlich durch die Schwere in dieſe Lage zurückgeführt; ebenſo wird die große Axe des Mondkörpers, ſobald ſie ſich aus ihrer gewöhnlichen Stellung entfernt hat, durch die Erde nothwendig in die frühere Lage zurückgeführt.

Damit iſt dieſe an ſich ſo befremdliche Erſcheinung vollſtändig erklärt, ohne daß es nöthig wäre, eine gewiſſermaßen wunderbare Uebereinſtimmung zwiſchen den von einander ganz unabhängigen Bewegungen des Umlaufs und der Umdrehung zu Hülfe zu rufen. Infolge deſſen wird der Menſch zu keiner Zeit die abgewendete Seite des

Mondes erblicken; wir kannten dieſe Thatſache vorher wohl durch die Beobachtung, gegenwärtig aber wiſſen wir außerdem, daß dieſe Erſcheinung ihren Grund hat in einer phyſiſchen Urſache, die ſich zwar berechnen läßt, aber nur dem geiſtigen Auge wahrnehmbar iſt; wir wiſſen ferner, daß das Phänomen von derjenigen Verlängerung eines Monddurchmeſſers herrührt, die zu jener Zeit eintrat, wo der Mond, unter der Anziehungskraft der Erde, aus dem flüſſigen in den feſten Zuſtand überging.

Selbſt wenn anfänglich ein geringer Unterſchied beſtanden hätte zwiſchen der rotirenden und der fortſchreitenden Bewegung des Mondes, ſo würde die Anziehung der Erde ſtrenge Uebereinſtimmung zwiſchen dieſen beiden Bewegungen herbeigeführt haben. Zugleich hätte es nur dieſer Anziehung bedurft, um einen geringen Mangel an Uebereinſtimmung aufzuheben, der etwa im Anfange zwiſchen den beiden Durchſchnittslinien des Mondäquators und der Mondbahn mit der Ebene der Ekliptik beſtanden haben konnte.

Einundzwanzigſtes Kapitel.

Ueber die Präceſſion der Aequinoctien und die Nutation der Erdaxe.

Bereits früher haben wir erfahren, daß ſich die Abplattung der Erde in den Bewegungen des Mondes abſpiegelt; man darf nun fragen, ob ein Einfluß dieſer Abplattung ſich nicht auch in der Bewegung unſerer eigenen Erdkugel bemerklich mache. Dies beſtätigt ſich in der That bei genauerer Betrachtung zweier Erſcheinungen, deren Entdeckung den Aſtronomen zu großer Ehre gereicht, nämlich der Präceſſion der Aequinoctien (oder des Vorrückens der Nachtgleichenpunkte), und der Nutation (oder des Schwankens) der Erdaxe.

Dem Leſer iſt ſchon hinlänglich bekannt, daß man unter dem Namen Frühlingsäquinoctialpunkt denjenigen Punkt im Aequator verſteht, in welchem ſich die Sonne in dem Augenblicke befindet, wo ſie von der Südſeite des Aequators auf die Nordſeite übertritt: ebenſo iſt erinnerlich, daß der diametral gegenüberſtehende Punkt, welchen die Sonne nämlich dann einnimmt, wenn ſie von der Nordſeite zur Süd-

ſeite zurückkehrt, Herbſtäquinoctium genannt wird. Derjenige Durchmeſſer, an deſſen Enden ſich die genannten Punkte an der Himmelskugel befinden, iſt die gemeinſchaftliche Durchſchnittslinie der Ebene der Ekliptik mit dem Himmelsäquator, d. h. mit derjenigen Ebene, welche ſenkrecht ſteht auf der Weltaxe, um welche die ſcheinbare Umdrehung der Himmelskugel oder die wirkliche tägliche Umdrehung der Erde ſtattfindet. Die Präceſſion der Aequinoctien beſteht nun, wie wir bereits im ſiebenten Buche geſehen haben (Bd. 11, S. 226), darin, daß der in Rede ſtehende Durchmeſſer alljährlich um 50″ 3 ſeine Lage ändert, und zwar in der Richtung von Oſt nach Weſt. Daraus folgt unmittelbar, daß der Zeitpunkt des Frühlingsäquinoctiums in jedem Jahre um eine beſtimmte Quantität früher eintritt, als der Fall ſein würde, wenn die Präceſſion nicht ſtattfände. Nun geſchieht die Präceſſionsbewegung parallel der Ebene der Ekliptik, und demgemäß bleiben die Breiten der Sterne unverändert; es ändern ſich die Geradeaufſteigungen, die Abweichungen und die Längen (Bd. 11, Buch 7, Kap. 4), weil die Bewegung nicht dem Aequator parallel und der Nullpunkt der Zählung für die Geradeaufſteigungen und die Längen ebenderſelbe Frühlingsäquinoctialpunkt iſt, der ſeine Lage alljährlich verändert.

Infolge der Präceſſion der Aequinoctien werden nicht in allen Jahrhunderten dieſelben Gruppen von Sternen, dieſelben Sternbilder während der Nächte einer jeden Jahreszeit am Himmel erblickt. Im Laufe der Jahrhunderte müſſen ſich vielmehr unſere jetzigen Wintergeſtirne im Sommer zeigen, und ebenſo werden umgekehrt die ſommerlichen Bilder einſt in den Winternächten glänzen.

Infolge der Präceſſion der Aequinoctien bleibt ferner der Pol nicht immer an demſelben Orte auf der Himmelskugel. Jener helle Stern, den wir gegenwärtig den Polarſtern nennen, ſtand in alten Zeiten weit vom Weltpole entfernt, und nach einer Anzahl von Jahrhunderten wird er ſich abermals vom Pole entfernt haben. Den Namen Polarſtern wird man im Laufe der Zeiten nach und nach weit von einander belegenen Sternen geben, z. B. den Sternen γ und α im Cepheus, δ im Schwan, α in der Leyer, ι im Herkules, α im Drachen. Man kann dieſen Umſtand deutlich überſehen auf der Karte

des nördlichen gestirnten Himmels Fig. 102 im ersten Bande der Astronomie. Der volle Umlauf des Pols währt 25765 Jahre, wenn man nämlich als Betrag der jährlichen Präcession 50″ 3 gelten läßt, als Resultat der neuesten Beobachtungen; man würde 25870 Jahre erhalten, wollte man die Präcession in runder Zahl auf 50″ setzen.

Hipparch gebührt das große Verdienst, die Präcession der Aequinoctien entdeckt zu haben; alle Folgen, welche diese Bewegung hervorruft, leitete er mit voller Klarheit ab.

Zur Erklärung der Präcessionsbewegung boten sich den Astronomen zwei Theorien dar; die eine besteht in der Annahme, daß, die Erde als unbeweglich gedacht, die Durchschnittslinie ihres Aequators mit der Ekliptik unverändert bleibt, während der gesammte Fixsternhimmel eine jährliche, von West nach Ost gerichtete Verrückung von etwa 50″ jährlich erleidet. Der zweiten Annahme zufolge müßte die Weltaxe um den Pol der Ekliptik kreisen, und bei dieser Bewegung den auf ihr senkrecht stehenden Aequator mit sich herumführen, dergestalt, daß die Richtung des Durchschnitts dieser letztgenannten Ebene mit der Ebene der Ekliptik sich jährlich um 50″ änderte.

Sobald der Theoretiker bei Erklärung von Naturerscheinungen einmal auf Abwege gerathen ist, vermehrt jede zuverlässige und genaue Beobachtung die Schwierigkeiten. So genügten sogar sieben ineinander gefügte Krystallsphären nicht mehr, die Erscheinungen darzustellen, nachdem der berühmte Astronom auf Rhodos die Entdeckung der Präcession gemacht hatte. Man bedurfte vielmehr eines achten krystallenen Himmels, um eine Bewegung darzustellen, welche allen Sternen ohne Ausnahme gemeinschaftlich zukommt.

Kopernikus dagegen vermochte in einfachster Weise alle Umstände der Präcession bis ins kleinste Detail zu erklären, nachdem er der Erde ihre angebliche Unbeweglichkeit geraubt hatte. Er ging dabei von der Annahme aus, daß die Umdrehungsaxe der Erde nicht in aller Strenge sich selbst parallel bleibe, und daß nach jedem ganzen Umlaufe unserer Erdkugel um die Sonne, dies Gestirn eine geringe Verrückung erlitten habe; mit einem Worte, statt die gesammten Circumpolarsterne auf eine bestimmte Weise dem Pole entgegenrücken zu lassen, ließ er vielmehr den Pol den Sternen entgegenrücken. Dadurch wurde der ganze

Mechanismus der Welt von jener äußersten Complication befreit, welche ihm die früheren Systematiker beigelegt hatten.

Unterdessen ist aber der Vorgang bei der Präcession nicht ganz so einfach, wie man ihn vor Erfindung der Fernröhre sich gedacht hatte. Nachdem Bradley an die Sternörter die von der Aberration des Lichtes herrührenden Correctionen angebracht hatte, erkannte er neue Ortsveränderungen bei den Sternen, darin bestehend, daß ein und derselbe Stern, nachdem er sich einige Zeit hindurch dem Nordpole genähert hatte, sich späterhin wieder davon entfernte; zugleich fand er, daß diese langsamen Aenderungen, wie er sie bei einem bestimmten Sterne beobachtet hatte, mit denjenigen gleichartigen übereinstimmten, welche sich bei allen übrigen Sternen zeigten. Jener gefeierte Astronom kam bald zu der Ueberzeugung, daß diese Aenderungen nur in dem Umstande ihren Grund haben konnten, daß die Erdare um ihre mittlere Lage nach der einen und der andern Seite hin schwanke. Diese periodische Schwankung hat man mit dem Namen der Nutation belegt.

Dadurch kommt eine neue, größere Complication in den Weg, welchen unsere Erde durch den Raum sowohl bei ihrem jährlichen Umlaufe um die Sonne zurücklegt, als bei ihrer Umdrehung um die Polarare. Nehmen wir an S sei die Sonne, die krumme Linie MN (Fig. 321) sei die Ekliptik und EE die Nachtgleichenlinie, d. h. die gemeinschaftliche Durchschnittslinie der Ebene der Ekliptik mit dem Himmelsäquator; errichten wir eine Senkrechte SV auf der Ebene MN, so wird diese Senkrechte die Are der Ekliptik sein. In einem bestimmten Augenblicke soll die Erde sich in T befinden; wir ziehen durch T eine Parallele TV' mit SV; die Umdrehungsare der Erde wird dann eine Gerade TP sein, wobei der Winkel V'TP die Neigung des Erdäquators gegen die Ebene der Ekliptik ausdrückt. Die mit EE parallele Linie E'E' wird alsdann die Spur des Erdäquators auf der Ekliptik vorstellen.

Fände nun die Erscheinung der Präcession der Aequinoctien nicht statt, so müßte, wenn die Erde bei ihrem Umlaufe um die Sonne in der Richtung des Pfeils ab, ein Jahr nach dem zuerst betrachteten Zeitpunkte nach T zurückkäme, die Polarare unserer Erde sich wiederum in TP befinden. Dies geschieht jedoch nicht, und darin besteht Hip-

parch's Entdeckung. Nach Verlauf eines Jahres befindet sich die Axe der Erdpole vielmehr in TP'; folglich ist die Spur des Erdäquators jetzt nothwendig e'e', und die mit e'e' parallele Aequinoctiallinie ee ist zurückgewichen. Außerdem aber bleibt der Winkel V'TP', den die Axe durch die Erdpole mit der Axe durch die Pole der Ekliptik bildet, nicht ganz unverändert. Im Allgemeinen hat dieser Winkel das Bestreben langsam abzunehmen, und unter den beobachteten Mittelwerth in diesem Jahrhundert, nämlich 23° 27' 30" hinabzugehen; seine

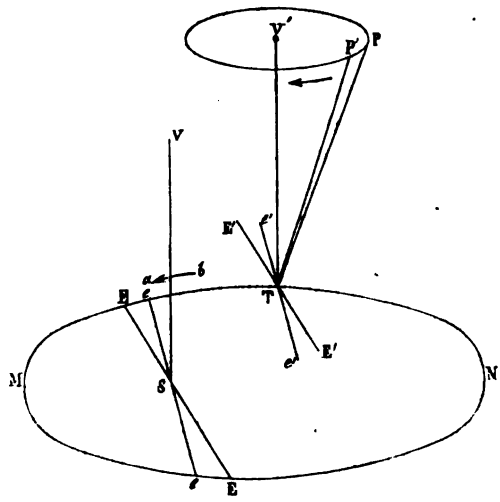


Fig. 321. — Präcession der Aequinoctien.

hundertjährige Aenderung beträgt 48 Secunden, folglich nimmt er alljährlich um 0" 48 ab. Ueberdies schwankt dieser Winkel um seinen mittleren Werth, den er während eines Jahrhunderts besitzt. Bald nach der einen, bald nach der andern Seite überschreitet er seinen Mittelwerth um eine Größe, die bis zu 9" 65 steigt. Statt daß der Pol P an der Himmelskugel eine krumme Linie GH (Fig. 322) um den Pol der Ekliptik im Verlaufe von 25000 bis 26000 Jahren beschreiben sollte, retrogradirt der Pol P auf einer kleinen Ellipse xrys im Verlaufe von etwa 18$^{1}/_{2}$ Jahren; die große Axe rs dieser Ellipse beträgt 19" 3,

die kleine dagegen 14″4. Der Pol kommt jedesmal nach s zurück, wenn der aufsteigende Mondknoten sich im Frühlingsäquinoctium befindet (vergl. 21. Buch, Kap. 1); hierin liegt eine unverkennbare Uebereinstimmung in den Bewegungen, die zu dem Schlusse berechtigt, daß die Ursachen, welche dieselben hervorrufen, möglicherweise identisch seien. Die Nutation der Erdaxe kommt auf den Umstand hinaus, daß diese Axe, statt unverändert die Richtung TP zu haben, nach und nach die Zwischenlagen wie Ts, Tx, Tr, Ty annimmt. Der Winkel, den die Bahnebene des Mondes mit der Ebene der Ekliptik einschließt, erleidet gleichfalls eine kleine Aenderung. Statt eines unveränderlichen Werthes von 5° 8′ 47″9 (21. Buch, Kap. 10), ist der Winkel, welchen die Mondaxe mit der Axe der Ekliptik bildet, wie Tycho zuerst gefunden hat, zu verschiedenen Zeiten etwas größer oder kleiner. Die äußersten Gränzen liegen 17′ 34″ aus einander, und die ganze Schwankung um die mittlere Lage findet zwei Mal in etwa 29½ Tagen statt. Darin besteht die Nutation der Mondaxe, welche, wie man sieht, der Nutation der Erdaxe durchaus analog ist.

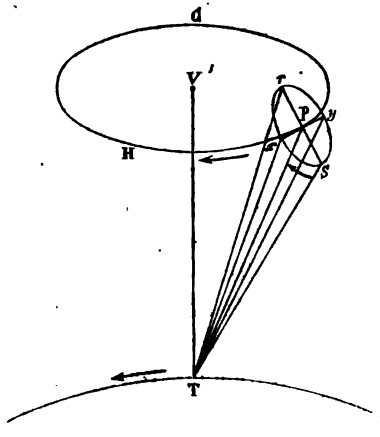


Fig. 322. — Nutation der Erdaxe.

Die allgemeine Gravitation erklärt ohne Schwierigkeit das Rückwärtsgehen der Knotenlinie des Mondes, sowie die Nutation seiner Axe. Denn da der Mond, bei seinem Umlaufe um die Erde, in der That bald entfernter, bald näher bei der Sonne ist, so geht daraus offenbar eine die Elemente seiner Bewegung afficirende Störung hervor. Die aus der Theorie hervorgehende Rechnung stellt alle besondern Umstände des Phänomens genau so dar, wie sie die Beobachtung ergibt.

Iſt nun aber, entſteht die Frage, die allgemeine Anziehung zugleich auch die bewegende Kraft, welche, indem ſie die Lage der Weltaxe alljährlich verändert, dieſe Axe im Verlaufe von 25000 bis 26000 Jahren einen vollen Kreis von etwa 47 Graden im Durchmeſſer durchlaufen läßt?

Newton ſtellte die richtige Vermuthung auf, daß dieſe Kraft aus der gemeinſchaftlichen Wirkung der Sonne und des Mondes auf diejenigen materiellen Theile der Erde hervorgehe, welche in der Gegend des Aequators ſich über diejenige Kugel erheben, deren Mittelpunkt mit dem Erdmittelpunkte zuſammenfällt, und deren Halbmeſſer den Polarhalbmeſſer der Erde gleich iſt: d. h. Newton leitete die Präceſſion der Aequinoctien aus der Abplattung der Erde her, und ſprach es beſtimmt aus, daß die Präceſſion bei vollkommener Kugelgeſtalt eines Planeten nicht ſtattfinden würde.

Dies war allerdings eine ganz richtige Vermuthung, dennoch gelang es Newton nicht, dieſelbe mathematiſch zu begründen. Derſelbe große Mathematiker hatte für die Naturbetrachtung als ſtrenge und unabänderliche Forderung den Grundſatz aufgeſtellt, man dürfe nur dasjenige als ausgemacht anſehen, was ſich beweiſen ließe. So kam es, daß der Beweis für die Gültigkeit der Newton'ſchen Vorſtellung noch für ſich als eine große Entdeckung zu betrachten iſt, und der Ruhm dieſer Entdeckung gebührt d'Alembert. Er hat zuerſt bewieſen, daß der am Aequator hervorragende Theil der Erde, der ſich gleichſam wie eine Wulſt um diejenige Kugel legt, deren Durchmeſſer die Polarare iſt, durch die Anziehung der Sonne nothwendig eine rückwärtsgehende Bewegung erhalten muß, welche den übrigen Theil der Erde in die allgemeine Bewegung mit hineinzieht, dergeſtalt, daß die Polarare nach Verlaufe von etwa 25000 bis 26000 Jahren[11]) wiederum auf dieſelben Fixſterne gerichtet iſt.

Aus der allgemeinen Anziehung hat d'Alembert auch die durch Bradley entdeckte Störung der Präceſſion erklärt, die wir bereits oben die Schwankung oder Nutation der Erdaxe genannt haben. Er hat nämlich nachgewieſen, daß dieſe Axe, infolge der Einwirkung des Mondes auf den hervorragenden Theil des Erdkörpers, eine ununterbrochene Schwankung erleiden muß, deren Periode, wie bereits bemerkt

wurde, der Zeitdauer nach ($18^2/_3$ Jahre) mit derjenigen genau übereinstimmt, innerhalb welcher die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Ekliptik die 360 Grade des vollen Umkreises durchläuft.

Während also die Sonne durch ihre Einwirkung auf den hervorragenden Aequatorealgürtel der Erde die Präcession erzeugt, bringt der Mond durch eine ähnliche Wirkung die Nutation hervor. Von diesem mechanischen Problem, das Newton aufgestellt hatte, gab d'Alembert, und nach ihm Euler, eine befriedigende Auflösung. Dennoch hatten jene beiden berühmten Mathematiker gewisse physische Umstände gänzlich außer Acht gelassen, die nicht ohne weitere Prüfung zu vernachlässigen waren. Erst Laplace hat diese Lücke ausgefüllt, indem er den Nachweis führte, daß das Meer trotz seines flüssigen Zustandes, und daß die Atmosphäre trotz ihrer Strömungen beiderseits auf die Bewegungen der Erdare und folglich auch des Erdäquators genau dieselbe Einwirkung ausüben, als wären sie feste, dem Erdsphäroid anhaftende Massen. Erst nachdem diese Umstände in Betracht gezogen waren, ist die Theorie der Präcession und der Nutation als durchaus vollständig zu betrachten. Ueberdies verdient noch bemerkt zu werden, daß die Lage der Ebene der Erdbahn durch die Einwirkung der Planeten fortwährend geändert wird, indem dadurch die Neigung derselben gegen den Aequator wechselt und die Aequinoctien eine kleine rechtläufige Bewegung annehmen. So ändern Sonne und Mond durch ihre Wirkung auf den abgeplatteten Theil der Erdkugel die Gesetze jener Störungen, welche die mit der Erde gemeinschaftlich um die Sonne gravitirenden Planeten erzeugen.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Unveränderliche Lage der Erdpole.

Es entsteht die Frage, ob die Axe, um welche unsere Erde im Laufe von je 24 Stunden eine ganze Umdrehung vollführt, das Erdsphäroid stets und unveränderlich in denselben materiellen Punkten trifft; mit andern Worten, ob sich die Rotationspole, welche, wie wir bereits sahen, im Laufe der Jahre andern Fixsternen ent-

ſprechen, auch auf der Erdoberfläche merklich verſchieben. Fällt die Antwort auf dieſe Frage bejahend aus, ſo ändert auch der Aequator, gleichwie die Pole, ſeine Lage; dann ſind natürlicher Weiſe auch die Breiten auf der Erde veränderlich, und keine Gegend kann im Laufe der Zeiten, ſelbſt wenn man ſich nur an die Mittelgrößen halten wollte, ein conſtantes Klima beſitzen. Es müßten infolge davon die verſchiedenſten Regionen der Reihe nach in die Gegend der Pole wandern, und die erſchrecklichen Wirkungen, welche ich im 20. Buche (Kap. 25, S. 266) geſchildert habe, würden an der Oberfläche unſeres Planeten unfehlbar eintreten. Findet aber das Gegentheil ſtatt, ſo haben wir überall auf der Erde das Gepräge einer bewundernswürdigen Beſtändigkeit.

Die in Anregung gebrachte Frage iſt eine der wichtigſten in der ganzen Aſtronomie, ſie läßt ſich aber, da die alten Polhöhenbeſtimmungen höchſt ungenau ſind, nicht durch die Beobachtungen allein zur Entſcheidung bringen. Laplace hat indeſſen auch dieſe Lücke durch die mathematiſche Analyſe auszufüllen verſtanden: er hat nachgewieſen, daß keine mit der allgemeinen Gravitation zuſammenhängende Urſache im Stande iſt, jene Are, um welche ſich ſcheinbar der Himmel dreht, in merklicher Weiſe auf der Oberfläche des Erdſphäroids zu verrücken. Der Ocean nämlich, weit entfernt die Unveränderlichkeit der Umdrehung unſerer Erde um eine und dieſelbe Are zu beeinträchtigen, muß im Gegentheil dieſe Are in unveränderter Lage erhalten, zufolge der leichten Beweglichkeit des Waſſers und der Widerſtände, welche den Schwankungen jener großen Waſſermaſſen entgegentreten.

Dreiundzwanzigſtes Kapitel.

Unveränderlichkeit der Tagesdauer.

Dieſelben Folgerungen, welche ich in Betreff der unveränderlichen Lage der Pole auf unſerer Erde erwähnt habe, finden ferner Anwendung auf die Dauer der Umdrehungsbewegung der Erde, d. h. auf den Sterntag, welcher die wahre Einheit aller Zeitmeſſung iſt. Die Wichtigkeit dieſes Elementes hat Laplace veranlaßt, numeriſch zu unter-

ſuchen, ob daſſelbe durch innere Urſachen, z. B. Erdbeben und feuerſpeiende Berge, möglicherweiſe Veränderungen erleiden könnte. Das Ergebniß fiel durchaus verneinend aus; ich kann die Gelegenheit hier nicht vorübergehen laſſen, ohne von der Methode, welche Laplace in dieſem Falle anwandte, um die Unveränderlichkeit der Dauer des Sterntages zu beweiſen, einiges Nähere anzugeben.

Unter einem mittleren Sonnentage verſteht man die Zeit, welche die Erde gebraucht, um eine volle Umdrehung um ihre eigene Axe zu machen, wenn dieſe Zeit noch um diejenige Größe vermehrt wird, welche der ſcheinbaren mittleren Bewegung der Sonne während eines Tages entſpricht. Aus der Theorie iſt erwieſen, daß die mittlere ſcheinbare Bewegung der Sonne, wie die aller Planeten, unveränderlich iſt; demnach könnte die Dauer des Sonnentages ſich nur infolge einer Aenderung der Umdrehungsgeſchwindigkeit der Erde ändern.

Unter Mondmonat verſteht man diejenige Zeitdauer, welche der Mond gebraucht, um in Beziehung auf die Sonne zu einer beſtimmten Stellung, z. B. zur Conjunction, zurückzukehren. Offenbar iſt dieſe Zeitdauer durchaus unabhängig von der Umdrehungsgeſchwindigkeit der Erde; unſere Erde könnte ſogar um ihren Mittelpunkt zu rotiren aufhören, ohne daß die fortſchreitende Bewegung dadurch in irgend einer Weiſe geändert würde. Dieſer Umſtand bietet uns ein leichtes Mittel zu unterſuchen, ob die Dauer des mittleren Sonnentages eine Aenderung erlitten hat.

Nehmen wir nämlich an, es werde gegenwärtig durch directe Beobachtungen die Dauer eines Mondmonats feſtgeſtellt, d. h. ermittelt, wie viele Tage und Bruchtheile des Tages der Mond gebraucht, um zu ſeiner Conjunction mit der Sonne zurückzukehren. Es leuchtet ein, daß wenn dieſe Beobachtung zu einer andern Zeit wiederholt wird, man jedenfalls ein anderes Reſultat erhält, wenn die Tagesdauer nicht conſtant geweſen iſt, ſelbſt in dem Falle, wo ſich die Geſchwindigkeit des Mondes unterdeſſen unverändert erhalten hätte: es wird z. B. der Monat länger erſcheinen, wenn die Tagesdauer abgenommen, und im Gegentheil kürzer, wenn der Tag an Länge zugenommen hat. Findet man dagegen, daß der Mondmonat ſich nicht geändert hat, ſo liegt darin ein Beweis für die Beſtändigkeit der

Tageslänge. Nun geht aber aus allen Beobachtungen hervor, daß die Dauer des Mondmonats seit den Zeiten der Chaldäer bis auf uns in fortwährender Abnahme begriffen gewesen ist. Nach dem Vorhergehenden sind also nur zwei Fälle denkbar: entweder hat die Geschwindigkeit des Mondes zugenommen, oder der Sonnentag hat eine etwas längere Dauer, als in früheren Zeiten. Laplace hat aber durch die Theorie gefunden, wie schon früher erwähnt wurde, daß in der Mondbewegung eine Störung unter dem Namen Seculargleichung vorhanden ist, die von der Aenderung der Excentricität der Erdbahn herrührt, und deren Werth sich für jedes Jahrhundert aus dieser Aenderung der Excentricität herleiten läßt. Mit Hinzuziehung dieser Seculargleichung läßt sich die Geschwindigkeitszunahme des Mondes vollkommen darstellen, und man hat fernerhin keinen Grund zu der Vermuthung, die Dauer des Tages habe eine irgend merkliche Aenderung erfahren.

Nehmen wir, nach dem Vorgange Laplace's, einmal an, die gegenwärtige Tagesdauer übertreffe diejenige, welche zu Hipparch's Zeiten stattfand, um den hunderten Theil einer Zeitsecunde. Die Dauer des gegenwärtigen Jahrhunderts oder von 36525 Tagen würde unter dieser Annahme $365^1/_4$ Secunden länger sein, als vor zweitausend Jahren (bekanntlich lebte Hipparch etwa 120 Jahre vor unserer Zeitrechnung). In dieser Zeit von 365 Secunden beschreibt der Mond einen Bogen von 3′ 19″, und diese Größe müßte also den Unterschied zwischen den Bogen ausdrücken, welche der Mond in hundert Jahren in der jetzigen Zeit durchläuft und in Hipparch's Zeiten zurücklegte. Da aber die aus den Beobachtungen abgeleitete hundertjährige Bewegung, wenn man die Secularglеichung anbringt, keinen so beträchtlichen Unterschied zeigt, so folgt daraus mit aller Bestimmtheit, daß die Tagesdauer während eines so langen Zeitraumes nicht um den hunderten Theil einer Secunde sich verändert hat.

Vierundzwanzigſtes Kapitel.

Von Ebbe und Flut.

Die Erſcheinungen der Ebbe und Flut, welche ein alter Schriftſteller verzweiflungsvoll das Grab der menſchlichen Wißbegier genannt hat, ſind von Laplace aus einer analytiſchen Theorie hergeleitet worden, in welcher er zum erſten Male die phyſikaliſchen Bedingungen der Frage vollſtändig berückſichtigte. Infolge dieſer Bearbeitung wagen es heutzutage die Berechner, zum unermeßlichen Vortheile der Seefahrt an unſern Geſtaden, die Umſtände großer Fluten nach Zeit des Eintretens und nach ihrer Höhe, mehrere Jahre im Voraus zu beſtimmen, und zwar mit eben derſelben Zuverſicht, als handelte es ſich um die einzelnen Vorgänge bei einer Finſterniß.

Zwiſchen den Erſcheinungen der Ebbe und Flut des Meeres, und den Wirkungen der Anziehung, welche Sonne und Mond auf die Waſſermaſſe ausüben, die etwa drei Viertheile unſerer Erdkugel bedeckt, beſteht ein nothwendiger, innerer Zuſammenhang, aus welchem Laplace im Stande geweſen iſt, geſtützt auf zwanzigjährige Beobachtungen der Flutzeiten und der Waſſerhöhen zu Breſt, wiederum einen ſehr nahe richtigen Werth für die Mondmaſſe herzuleiten. Ich weiß nur ein Mittel, um die hohe Bewunderung noch zu vermehren, welche jeder aufmerkſame Leſer ſicherlich für eine Theorie empfindet, welche derartige Schlußfolgerungen zuläßt. Zu dieſem Zwecke werde ich eine geſchichtliche Anführung benutzen, und daran erinnern, daß im Jahre 1631 der berühmte Galilei, in ſeinen weltbekannten Dialogen[12]), noch ſo weit davon entfernt war, den mathematiſchen Zuſammenhang zu ahnen, aus welchem Laplace ſo bewundernswürdige, und zugleich ſo unzweifelhafte und ſo nützliche Reſultate herleitete, daß er ſich wegwerfend über den Keppler'ſchen Gedanken äußerte, demzufolge der Einfluß des Mondes einen gewiſſen Antheil auf die täglichen und periodiſchen Bewegungen des Meerwaſſers haben ſollte. Ebbe und Flut des Oceans erklärte Keppler durch die täglichen Aenderungen, welche die Umdrehung der Erde, combinirt mit dem Umlaufe um die Sonne, in der abſoluten Bewegung jedes Waſſertheilchens hervorbringt. Aus dieſem Grundgedanken Keppler's wußte der große

Newton die Wahrheit hervorzulocken, indem er der Erste war, welcher die oceanische Ebbe und Flut aus seiner Theorie der allgemeinen Gravitation ableitete. Er betrachtete dabei das Wasser als eine Flüssigkeit von gleicher Dichtigkeit, wie die Erde; ging ferner von der Annahme aus, der Ocean bedecke die Oberfläche vollständig, und wies unter diesen Voraussetzungen nach, daß diese flüssige Masse unter der Einwirkung der Sonne die Gestalt eines Ellipsoids annehmen muß, dessen große Axe beständig zur Sonne gerichtet ist. Ferner muß die größte Fluthöhe in jedem Hafenorte, die Sonne im Aequator gedacht, um Mittag und um Mitternacht eintreten, so wie der tiefste Stand des Wassers bei Aufgang und Untergang dieses Gestirns statt finden wird. Daß die Wirkung in dieser Weise eintreten muß, davon kann man sich leicht folgendermaßen überzeugen. Würden die sämmtlichen Wassertheilchen mit gleicher Kraft und in paralleler Richtung von der Sonne angezogen, so müßten sowohl die ganze Erdkugel, als das Wasser, welches sie bedeckt, diesen Kräften gemeinschaftlich folgen, und auf diese Weise bliebe das Gleichgewicht des Oceans ungestört. Der Vorgang in der Natur ist aber hiervon verschieden, denn ein Wassertheilchen, welches in Bezug auf die Sonne und den Erdmittelpunkt in Conjunction steht, wird offenbar von der Sonne stärker angezogen, als der Mittelpunkt der Erde, folglich ist die Schwere dieses Theilchens an der Oberfläche der Erde verringert. Nach Verlauf eines halben Tages befindet sich dies Wassertheilchen in Opposition mit der Sonne, welche alsdann eine weniger starke Anziehung darauf ausübt, und die Kraft, mit welcher das Theilchen an der Erdoberfläche haftet, wird durch die Anziehung der Sonne gleichfalls vermindert. Infolge des Umstandes, daß die Entfernung der Sonne von der Erde, verglichen mit dem Erdhalbmesser, sehr groß ist, ergibt sich die Verringerung der Schwere in beiden Fällen als nahezu dieselbe.

Die Einwirkung des Mondes auf das Meer erzeugt ein, dem von der Sonne erzeugten, ähnliches Ellipsoid, doch ist dies letztere aus dem Grunde stärker verlängert, weil die Wirkung des Mondes größer ist.

Man sieht ferner leicht ein, daß, wenn diese beiden getrennten Wirkungen der Sonne und des Mondes in einem und demselben oder

in entgegengesetztem Sinne thätig sind, dadurch große oder kleine Fluthöhen hervorgehen. Denn in der That, steht der Mond in Conjunction oder in Opposition, d. h. in den Syzygien, so fallen die Aren beider Ellipsoide zusammen, und die Flut muß am größten werden; steht hingegen der Mond in seinen Quadraturen, so sind die Aren beider Ellipsoide senkrecht auf einander, und die beiden Wirkungen heben sich zum Theil auf. Zu jeder andern Zeit zwischen Syzygien und Quadraturen machen die Aren beider Ellipsoide einen spitzen Winkel mit einander, und die Wirkungen von Sonne und Mond combiniren sich dergestalt, daß die Meeresoberfläche die Gestalt eines Ellipsoids annimmt, dessen Are innerhalb der Schenkel dieses spitzen Winkels liegt, und zwar näher bei der Are des Mondellipsoids, als bei der des Sonnenellipsoids.

Indessen darf man bei dieser Betrachtung nicht unbeachtet lassen, daß der Ocean nicht die ganze Erdoberfläche bedeckt, daß ferner die Declinationen der Sonne und des Mondes bald zunehmen, bald abnehmen, bald nördlich, bald südlich sind; daß die Wassermasse in fortwährender Bewegung ist, um den Anziehungen der Sonne und des Mondes zu gehorchen, und also, wenn die Richtung der wirkenden Kraft sich ändert, bereits eine in bestimmter Richtung erlangte Geschwindigkeit besitzt. Weiterhin kommt auch in Betracht, daß die verschiedenen Meere unter einander an Gestalt und Größe sehr abweichen, daß sie durch weitere oder engere Kanäle mit einander in Verbindung stehen, und daß endlich auch die Reibungen am Meeresboden und diejenigen, welche die Winde in einer bewegten Atmosphäre an der Meeresoberfläche erzeugen, nothwendig Einfluß auf die Erscheinungen der Ebbe und Flut an jedem Punkte der Meeresufer üben müssen. Newton's Theorie mußte also, sollte auf alle diese Umstände Rücksicht genommen werden, noch merklich vervollkommnet werden.

Die größten Geometer haben sich nach einander mit dieser so wichtigen Frage beschäftigt; Daniel Bernoulli, Euler, Maclaurin und d'Alembert trugen dazu bei die Schwierigkeiten zu besiegen, welche die Bewegung der Flüssigkeiten darbot; aber erst Laplace gab zuletzt die wahre Auflösung, indem er zeigte, daß genaue, an verschiedenen Punkten der Erde mehrere Jahre hindurch fortgeführte Beobachtungen,

in Verbindung mit den Ergebnissen der Theorie, es möglich machen, nahezu alle einzelnen Umstände der Ebbe und Flut mit mathematischer Gewißheit lange Zeit im Voraus anzugeben[13]).

Wie im Vorhergehenden bereits bemerkt wurde, sind es also Sonne und Mond, welche durch ihre Anziehung auf die Wassermasse der Oceane zunächst zwei gesonderte Fluten erzeugen, aus deren Verbindung schließlich diejenigen Flutersscheinungen hervorgehen, welche wir wahrnehmen. Um die Zeit der Syzygien, d. h. zur Zeit der Neu- und Vollmonde, fallen beide Fluten zusammen; alsdann kann die Gesammtflut sehr bedeutend werden, indem die Summe der beiden einzelnen zur Erscheinung kommt. Doch sind nicht alle Syzygienfluten gleich groß, indem die beiden einzelnen Fluten, aus denen sich das Resultat zusammensetzt, sich zugleich mit den Declinationen von Sonne und Mond und deren Abständen von der Erde ändern. Diese Einzelfluten sind nämlich um so beträchtlicher, je näher Mond und Sonne sich bei der Erde befinden, und je weniger beide Himmelskörper vom Aequator entfernt stehen. Nach der Laplace'schen Formel im zweiten Bande der Mécanique céleste (S. 289) lassen sich die Höhen aller Springfluten alljährlich berechnen. Als Höheneinheit gilt dabei die halbe mittlere Fluthöhe, welche einen oder zwei Tage nach dem Syzygium eintritt, wenn Sonne und Mond zur Zeit des Syzygiums zugleich im Aequator und in ihren mittleren Entfernungen von der Erde stehen. Unter der Bezeichnung ganze Fluthöhe versteht man die halbe Summe zweier aufeinander folgenden Hochwasser über das Niveau des dazwischen fallenden niedrigsten Wassers. In den Häfen an den französischen Küsten folgen die Springfluten anderthalb Tage auf den Neu- und Vollmond; man findet somit die Zeitpunkte, zu denen sie eintreten, indem man anderthalb Tage zu dem Zeitpunkte der Syzygien hinzulegt.

Mit jedem Tage verspätet sich die Rückkehr des Hochwassers um $50^1/_2$ Minute; der Zwischenraum zwischen je zwei aufeinander folgenden Fluten beträgt im Mittel 12 Stunden 25 Min. Die dazwischen fallende Ebbe trifft nicht genau auf die Mitte zwischen zwei Fluten, indem der Ocean mehr Zeit zum Steigen, als zum Fallen gebraucht. Die Verspätung der Fluten ändert sich mit den Mond-

gestalten; sie hat ihren kleinstmöglichen Werth um die Zeit der Syzygien, wenn die Fluthöhe am größten wird, indem sie alsdann nur 39,2 Min. beträgt. Sind dagegen die Fluten am kleinsten, nämlich um die Zeit der Quadraturen, so ist die Verspätung am größten und beträgt 75 Min. Daraus folgt weiter, daß der Unterschied der Flutzeiten, welche den Zeitpunkten der Syzygien und der Quadraturen entsprechen (ein Unterschied, welcher nahezu 4 St. 48 Min. beträgt), zunimmt zur Zeit der auf die genannten Mondphasen folgenden Fluten, und in Bezug auf höchste und tiefste Fluten ungefähr die Dauer von 6 Stunden erreicht.

Bei den Syzygien, welche zur Zeit der Sonnenwenden eintreten, ist außerdem die tägliche Verspätung der Fluten etwa eine Minute größer, als im Mittel; kleiner dagegen um dieselbe Größe zur Zeit der Nachtgleichen. Fallen dagegen die Quadraturen auf die Zeit der Nachtgleichen, so tritt das Entgegengesetzte ein, indem die Verspätung ihre mittlere Größe etwa um 4 Minuten überschreitet. Fallen endlich die Quadraturen in die Zeit der Sonnenwenden, so ist die Verspätung um dieselbe Größe geringer, als der Mittelwerth.

Die allerhöchsten Flutwasser (Springfluten) ereignen sich um die Zeit der Nachtgleichen, wenn der Mond im Perigäum steht, und sich zugleich nahe beim Aequator befindet; dagegen findet man die niedrigsten Flutwasser um die Zeit der Solstitien, wenn der Mond bei beträchtlicher Declination zugleich im Apogäum steht. Die Abnahme der Fluthöhen zur Zeit der Syzygien bei den Sonnenwenden beträgt ungefähr nur drei Fünftel von derjenigen Abnahme, welche den Syzygien um die Zeit der Nachtgleichen entspricht; die Zunahme der Fluten um die Zeit der Quadraturen ist bei den Nachtgleichen zwei Mal größer, als bei den Sonnenwenden; endlich beträgt die Abnahme der Syzygialfluten zur Zeit der Mondnähe fast das Dreifache von demjenigen Werthe, den sie um die Zeit der Mondferne hat.

Die Höhe der Springflut in irgend einem Hafen erhält man, indem man die nach der obigen Regel aus der Mécanique céleste berechnete mittlere Fluthöhe mit der diesem Hafen zugehörigen Höheneinheit multiplicirt. Die Springfluten können alljährlich Ueberschwemmungen verursachen, insbesondere wenn sie vom Winde begünstigt

werden; man muß auf Vorsichtsmaßregeln bedacht sein, um den alsdann möglichen Unglücksfällen vorzubeugen. Unter Höheneinheit eines Hafens versteht man diejenige Größe, um welche sich das Hoch- oder Tiefwasser von dem mittleren Niveau entfernt, welches ohne die Einwirkung von Sonne und Mond stattfinden müßte. Diese Einheit erhält man dadurch, daß man das Mittel aus dem Unterschiede einer sehr großen Anzahl von Hoch- und Tiefwassern nimmt.

An den Gestaden und in den Häfen tritt die Flut nicht in dem Augenblicke ein, wo die resultirende Kraft aus den Anziehungen von Sonne und Mond ihren größten Werth erreicht. So ist z. B. am Tage des Neumonds der Zeitpunkt der gleichzeitigen Culmination beider Gestirne offenbar der Augenblick des Maximums dieser Kraft, d. h. das Maximum fällt in die Mittagszeit; dennoch tritt die Flut gemeiniglich erst einige Zeit nach Mittag ein.

Passirt der Neumond, zur Nachtgleichenzeit, den Meridian eines Hafens im Augenblicke des wahren Mittags, so ist der Zeitraum zwischen diesem Durchgange und dem Eintritte der höchsten Flut unveränderlich derselbe, und wird Hafenzeit genannt. Demnach ist die Nachmittagsstunde der Fluten der Aequinoctial-Syzygien die Hafenzeit selbst.

An den Tagen des Neu- und des Vollmondes ist der Augenblick, wo die beiden Gestirne ihre größte Wirkung ausüben, offenbar die Zeit des Meridiandurchganges des Mondes; ebenso verhält es sich zur Zeit des ersten und letzten Viertels; an den übrigen Tagen fällt dieser Augenblick bisweilen früher, bisweilen später als der Durchgang, entfernt sich jedoch niemals beträchtlich davon, weil die Anziehungskraft des Mondes etwa drittehalb Mal die der Sonne übertrifft.

Diejenige Einwirkung sowohl, welche aus der Anziehung von Sonne und Mond auf das Wasser des Oceans ausgeübt wird, als auch die Verzögerung oder Beschleunigung in der Zeit der Flut, gegenüber der Culmination des Mondes, ändern sich, je nachdem sich beide Gestirne der Erde nähern oder von ihr entfernen, und hängen außerdem davon ab, ob die Declinationen zu- oder abnehmen. Alle diese Umstände finden Berücksichtigung, wenn man die zum Behuf dieser Rechnungen entworfenen Tafeln anwendet, die alljährlich im Annuaire des Längenbureau mitgetheilt werden. Jedenfalls aber gibt an jedem

Tage die Hafenzeit, zum Meridiandurchgange des Mondes hinzugelegt, bis auf wenige Minuten genau die Zeit des Hochwassers in jedem einzelnen Hafen.

Es folgen hier diese Hafenzeiten für einige Küstenpunkte, und zugleich die obenerwähnten Höheneinheiten, wie sie sich aus den Beobachtungen ergeben haben:

	Hafenzeit.	Höheneinheit.
Dünkirchen	12 St. 13 Min.	2,68 Meter
Calais	11 49	3,12
Boulogne	11 26	3,96
Dieppe	11 8	4,40
Havre	9 53	3,57
La Hougue	8 48	3,04
Cherbourg	7 58	2,82
St. Malo	6 10	5,68
Brest	3 46	3,21
Lorient	3 32	2,24
Bordeaux	7 45	2,35
Bayonne	4 5	1,40
London	2 15	4,58
False-Bay (Kap d. g. Hoffn.)	3 10	0,85
Valparaiso	9 40	0,79
Port Jackson	9 0	0,93
Rio-Janeiro	2 30	0,52
Monterey	9 52	0,98
Magdalenenbay	7 37	1,38
Akapulko	3 5	0,32
Payta	3 18	0,89
Callao de Lima	6 0	0,38

In vorstehender Tafel verdienen die letzten Zahlenangaben besondere Aufmerksamkeit. Nachdem man daraus entnommen, daß der Ocean in der Magdalenenbay vier Mal höher steigt, als zu Akapulko, und außerdem Unterschiede von $2^1/_4$, ja sogar von $4^1/_2$ Stunden zwischen nicht fern von einander belegenen Häfen einer und derselben Küste bemerkt, nämlich an der Ostküste von Amerika, wo sich der Ocean unbehindert entwickeln kann, und wo keine engen, buchtigen Meerarme vorhanden sind, wie man dergleichen wohl an den französischen Gestaden findet; nachdem man ferner sein Augenmerk auf den

etwa drei Stunden betragenden Zeitraum gerichtet hat, der zwiſchen den Eintritten des Hochwaſſers zu Payta und Callao verſtreicht: wird man die Ueberzeugung gewonnen haben, daß durch die erwähnten vortrefflichen Arbeiten der Geometer die Unterſuchung über Ebbe und Flut noch nicht vollſtändig erſchöpft iſt. Es bleibt nämlich noch zu erweiſen, auf welche Weiſe die unſichtbaren Hinderniſſe, die Unebenheiten des Meeresgrundes auf die Geſchwindigkeit der Wellen ſowohl, als auf deren Höhe einwirken.

Deſſenungeachtet iſt das Problem der Ebbe und Flut wenigſtens für alle diejenigen Umſtände, welche für die Schifffahrt direct von Intereſſe ſind, durch Laplace in bewundernswürdiger Weiſe gelöſt. Uebrigens beſchränkte ſich dieſer große Geometer nicht blos darauf, die mathematiſche Theorie dieſer Naturerſcheinung zu vervollkommnen; er hat ſie vielmehr unter einem durchaus neuen Geſichtspunkte aufgefaßt, indem er zuerſt die Frage nach der Stabilität des Gleichgewichts des Oceans behandelte.

Syſteme feſter oder flüſſiger Körper können ſich nämlich in zwei Zuſtänden des Gleichgewichts befinden, welche ſorgfältig von einander zu unterſcheiden ſind. Im erſten dieſer Zuſtände, den man das ſtabile Gleichgewicht nennt, ſtrebt das Syſtem, wenn es um eine geringe Größe aus ſeiner urſprünglichen Lage verrückt wird, jedesmal in die urſprüngliche Lage zurückzukehren. Beim labilen Gleichgewichte dagegen vermag eine urſprünglich ſehr geringe Erſchütterung zuletzt eine außerordentlich beträchtliche Verrückung hervorzurufen.

Iſt nun das Gleichgewicht des Waſſers im Ocean von dieſer zweiten Art, ſo konnten in der Vorzeit und können in Zukunft ſich die durch Wind, durch Erdbeben oder plötzliche Bewegungen des Meeresgrundes hervorgerufenen Wellen bis zu der Höhe unſerer höchſten Gebirge erheben. Der Geolog wird in dieſen ungeheuren Schwankungen der Waſſermaſſen vielleicht mit einiger Befriedigung eine annehmbare Erklärung zahlreicher Erſcheinungen auf der Erdoberfläche erblicken, dagegen wird damit alles Lebende der Gefahr zukünftiger, großartiger Ueberſchwemmungen entgegengehn.

Ueber dieſen Punkt können wir Beruhigung faſſen, ſeitdem Laplace zuerſt gefunden hat, daß das Gleichgewicht des Oceans ein ſtabiles

ist, freilich nur unter der besondern, aber durch bestimmte Thatsachen nachgewiesenen Bedingung, daß die mittlere Dichtigkeit der flüssigen Masse geringer ist, als die mittlere Dichtigkeit unserer Erde. Denken wir uns dagegen an Stelle des gegenwärtigen Meeres, während alle übrigen Verhältnisse ungeändert bleiben, einen Ocean z. B. von Quecksilber, so verschwindet die Stabilität, und jenes flüssige Element würde häufig seine Grenzen überschreiten, um die Continente zu verwüsten bis in jene schneebedeckten Gegenden, die sich bis in die Wolkenregion erheben.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Von den Erdbeben.

Bereits im 20. Buche haben wir erfahren (18. Kap.), daß das Innere unserer Erde, infolge der hohen Temperatur, höchst wahrscheinlich flüssig ist, und daß wohl nur eine verhältnißmäßig sehr dünne Schale oder Rinde die Erdkugel bedeckt; diese Schale soll eine Dicke von nur 40000 Meter haben, gegenüber dem fast 13 Millionen Meter betragenden mittleren Erddurchmesser; sie wäre sonach nur der dreitausendste Theil vom Durchmesser der Erdkugel. So gut wie die an der Oberfläche befindliche oceanische Masse, muß auch die innen befindliche flüssige Masse den von Sonne und Mond ausgeübten Anziehungen folgen, und wird also nothwendig anschwellen in den Richtungen derjenigen Linien, welche die Erde mit diesen beiden Gestirnen verbinden. Diese unausbleibliche Abhängigkeit der innern flüssigen Masse von den Gesetzen der allgemeinen Gravitation, wird in der Starrheit der festen Rinde Widerstand finden und dieser Umstand kann Veranlassung zu Einrissen und Erschütterungen geben, kurz es kann dies eine Ursache der Erdbeben sein. Herr Perrey, Professor der Physik zu Dijon, hat diese Behauptung zuerst aufgestellt, und ihre Richtigkeit in mehreren interessanten Abhandlungen nachzuweisen gesucht. Nach dieser Vorstellungsweise müssen die Erdbeben, ebenso wie Ebbe und Flut im Ocean, mit dem Alter und den Meridiandurchgangszeiten des Mondes in einem bestimmten Zusammenhange stehn; in der That hat sich

Herrn Perrey aus einer Unterſuchung über alle beobachteten Erdbeben, die er aufzufinden vermochte, ergeben, daß ſeit einem halben Jahrhunderte die Erdbeben häufiger in die Zeit des Perigäums, als in die Zeit des Apogäums des Mondes fallen, auch daß ſie zahlreicher zu der Zeit eintreten, wo der Mond im Meridian ſteht, als wenn derſelbe 90 Grad davon entfernt iſt. Kaum verdient irgend eine andere Frage in höherem Grade eine weiter fortgeſetzte Unterſuchung. An ſich iſt es ſchon gewiß merkwürdig, daß Naturerſcheinungen, welche man auf den erſten Blick für durchaus unabhängig von einander halten ſollte, nach den überall in der Welt wirkenden Geſetzen der Attraction geregelt werden [14]).

Sechsundzwanzigſtes Kapitel.

Ueber Ebbe und Flut in der Atmoſphäre.

Unmöglich konnte es jener große Geometer, der mit ſo außerordentlichem Erfolge die oceaniſche Ebbe und Flut ergründet hatte, unterlaſſen, ſich auch mit den analogen Fluterſcheinungen in der Atmoſphäre zu beſchäftigen, und die ſo allgemein verbreiteten Meinungen über den Einfluß des Mondes auf Barometerſtand und auf andere meteorologiſche Erſcheinungen zu unterſuchen.

So hat Laplace in der That einen Abſchnitt der Mécanique céleste jenen Schwankungen gewidmet, welche des Mondes Anziehungskraft in unſerer Atmoſphäre erzeugen kann. Daraus geht hervor, daß in Paris z. B. der Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand gänzlich unmerklich iſt. Auch hat ſich aus der Berechnung einer langen Beobachtungsreihe ergeben, daß die atmoſphäriſche Flut nicht zwei Hunderttheile des Millimeters überſchreitet, eine Größe, die geringer iſt als diejenige Gränze, innerhalb deren man bei dem heutigen Zuſtande der Meteorologie ſich Gewißheit verſchaffen kann.

Die Berechnung, welche ich hier erwähne, kann gleichfalls zur Beſtätigung dienen in Betreff derjenigen Betrachtungen, die ich im 21. Buche (Bd. 13, S. 406 und 422) angeſtellt habe, um zu erweiſen, daß wenn der Mond im Zuſammenhange mit ſeinen Lichtgeſtalten

wirklich einigen Einfluß auf die Barometerhöhe ausübt, dies ſicher nicht infolge ſeiner Anziehungskraft geſchieht.

Siebenundzwanzigſtes Kapitel.

Ueber die Fortpflanzung der Anziehungskraft.

Iſt die Anziehung, kann man fragen, Nichts weiter, als eine der Materie weſentliche Eigenſchaft, oder hat ſie eine beſondere phyſiſche Urſache? Dieſe Frage hat Newton und ſeine Schüler außerordentlich beſchäftigt. Während die Einen der Anſicht waren, daß die Attraction die Reſultante ſei aus dem Beſtreben des Aethers (vergl. 4. Kap., S. 24), um ſich aus dem freien Raume, wo ſeine Dichtigkeit am größten iſt, nach den planetariſchen Körpern hinzubegeben, in deren Umgebung der Aether ſich im Zuſtande geringerer Dichtigkeit befinden ſoll; ſind Andere dagegen von der Annahme ausgegangen, dieſe Kraft ſei Nichts als eine Folge aus dem Antriebe irgend eines flüſſigen Mediums. Newton ſelbſt hat ſich niemals mit voller Beſtimmtheit darüber ausgeſprochen, auf welche Weiſe ein ſolcher Antrieb oder Anſtoß entſtehen könnte, welcher, wenigſtens zunächſt in unſerm Sonnenſyſteme, die phyſiſche Urſache der Anziehungskraft wäre. Wir ſind aber in dieſem Punkte heutzutage zu der Annahme wohlberechtigt, daß jener große Geometer, indem er das Wort Antrieb (impulsio) gebrauchte, an die vorgefaßten Meinungen von Varignon und Fatio de Duillier dachte, welche ſpäterhin Leſage ſeinerſeits wieder aufſtellte und weiter ausbildete: dieſe Vorſtellungsweiſen waren ihm nämlich ſchon vor jeder Veröffentlichung derſelben mitgetheilt worden. Nach Leſage ſoll der Raum mit äußerſt kleinen Körpertheilchen erfüllt ſein, die ſich nach allen möglichen Richtungen mit außerordentlicher Geſchwindigkeit bewegen. Dieſe Körpertheilchen nannte der Urheber dieſes Syſtems überweltliche Molekeln. Aus ihnen ſollte das anziehende Fluidum beſtehen, wenn es geſtattet iſt das Wort Fluidum von einer Anzahl Körpertheilchen zu gebrauchen, die unter ſich durchaus jeder Verbindung entbehren.

Ein einzelner Körper müßte inmitten eines ſolchen Oceans von

bewegten Körpertheilchen in Ruhe verbleiben, indem er nach allen Richtungen hin gleichmäßig angetrieben würde. Dagegen müßten zwei Körper ſich nach einander hin bewegen, indem jeder dem andern gewiſſermaßen als Schirm dient; denn die in dieſem Falle einander zugewendeten Oberflächen würden in der Richtung der Verbindungslinie nicht von jenen überweltlichen Molekeln getroffen, es würden alſo Strömungen entſtehen, deren Wirkungen durch keine entgegengeſetzten Ströme aufgehoben würden. Ueberdies begreift man ohne Weiteres, daß zwei in das Gravitation erzeugende Fluidum eingetauchte Körper ſich zu einander mit einer Intenſität hinbegeben müßten, welche dem umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Abſtände entſpräche.

Iſt nun die Attraction das Reſultat aus dem Antriebe eines ſolchen Fluidums, ſo muß ihre Wirkung eine endliche und angebbare Zeit gebrauchen, um die weiten Räume, welche die Himmelskörper voneinander trennen, zu durchlaufen. Verſchwände z. B. die Sonne plötzlich, ſo müßte die Erde nach dieſem Ereigniſſe, mathematiſch betrachtet, noch eine angebbare Zeit hindurch unter dem Einfluſſe der Anziehung der Sonne bleiben. Gerade das Gegentheil müßte natürlich eintreten, wenn plötzlich ein neuer Planet entſtände; erſt einige Zeit ſpäter könnte die Erde von dieſem neuen Geſtirne angezogen werden.

Wirklich nahmen einige Geometer im vorigen Jahrhunderte an, die Attraction pflanze ſich nicht augenblicklich von einem Körper zum andern fort; ja ſie legten derſelben ſogar eine nicht ſehr beträchtliche Geſchwindigkeit bei. Daniel Bernoulli war z. B. der Anſicht, bei Erklärung des Umſtandes, daß das höchſte Flutwaſſer an unſern Küſten erſt anderthalb Tage nach den Zeitpunkten eintritt, wo ſich Sonne und Mond in der günſtigſten Lage zur Hervorrufung dieſes großartigen Phänomens befunden haben, die Einwirkung des Mondes brauche dies ganze Zeitintervall (anderthalb Tage), um ſich vom Monde her dem Meere mitzutheilen. Aber eine ſo geringe Geſchwindigkeit ließe ſich keineswegs mit der oben beſprochenen mechaniſchen Erklärung der Gravitation in Einklang bringen. Dieſe Erklärung fordert im Gegentheil unabweislich, daß die den Himmelskörpern eigenthümliche Geſchwindigkeit verſchwindend klein ſei im Verhältniß zu der Geſchwindigkeit des Gravitationsfluidums.

In der Zeit bevor man erkannt hatte, daß die gegenwärtig stattfindende Abnahme der Excentricität der Erdbahn die wahre Ursache von der in der Mondbewegung wahrgenommenen Beschleunigung ist, (vergl. 19. Kap., S. 72) hatte Laplace[15]) seinerseits untersucht, ob diese räthselhafte Beschleunigung nicht vielleicht von der successiven Fortpflanzung der Gravitation abhinge.

Zuerst schien die Rechnung für diese Annahme günstig zu entscheiden. Es ergab sich nämlich, daß die nicht momentane Fortpflanzung der Attraction in der Mondbewegung nothwendig eine Störung erzeugen müßte, die dem Quadrate der von irgend einem Augenblicke an gerechneten Zeit proportional wäre; und ferner, daß man, um den Ergebnissen der astronomischen Beobachtungen numerisch zu entsprechen, der Attraction keineswegs eine geringe Geschwindigkeit beizulegen genöthigt sei. Laplace fand nämlich, daß sich den Erscheinungen Genüge thun ließ, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit acht Millionen Mal größer setzte, als sie beim Lichte ist.

Obgleich man nun heutigen Tags die wahre Ursache der Beschleunigung der Mondbewegung genau kennt, so behält dessenungeachtet diese sinnreiche Untersuchung, die ich hier erwähnt habe, ihren wichtigen Platz in der Wissenschaft. Denn mathematisch betrachtet hat diese von der nicht momentanen Fortpflanzung der Gravitation abhängende Störung, wie sie aus der Rechnung hervorgeht, eine unzweifelhafte Richtigkeit. Es besteht zwischen dieser Geschwindigkeit und der Störung ein derartiger Zusammenhang, daß man, sobald eine dieser Größen bekannt ist, sogleich den numerischen Betrag der andern erhält. Legt man nun der Störung den größtmöglichen Werth bei, welchen die Beobachtungen noch gestatten, nachdem man sie von der bekannten Beschleunigung, welche von der Aenderung in der Excentricität der Erdbahn herrührt, befreit hat, so ergibt sich die Geschwindigkeit der Attraction funfzig Millionen Mal größer, als die des Lichtes.

Vierundzwanzigstes Buch.

Mars.

Erstes Kapitel.

Aussehn des Planeten. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Das Zeichen ♂, das man dem Planeten Mars beilegt, soll angeblich Lanze und Schild[1]) vorstellen.

Das Licht des Mars ist röthlich und bisweilen ganz unzweifelhaft funkelnd.

Die in dem 18. und 19. Buche des 12. Bandes besprochenen Planeten Merkur und Venus werden untere Planeten genannt; diejenigen aber, deren Geschichte sich unsere Betrachtung nun zuwenden muß, heißen obere Planeten. Jene entfernen sich von der Sonne niemals über gewisse Grenzen hinaus, über welche wir die nöthigen Angaben beigebracht haben; diese hingegen erblickt man in allen möglichen Abständen von der Sonne.

Wie bereits früher bemerkt wurde, stehn Merkur und Venus zuweilen, in Bezug auf die Erde, jenseit der Sonne; zu anderer Zeit aber auch zwischen beiden Himmelskörpern. Wenn in der ersteren Stellung Sonne und Planet fast gleichzeitig durch den Meridian gehn, so sagt man, der Planet steht in seiner oberen Conjunction. Die untere Conjunction tritt hingegen dann ein, wenn die Planeten, unter demselben Verhältnisse in Bezug auf den Meridiandurchgang, sich zwischen Sonne und Erde befinden. Für alle diejenigen Planeten aber, von denen im Folgenden die Rede ist, gibt es nur eine obere Conjunction.

In seiner Bahn kommt jeder dieser Planeten an einen Punkt, in welchem er sich von der Erde aus gesehn, der Sonne gerade gegenüber befindet; zu dieser Zeit passirt der Planet den Meridian um Mitternacht: dies nennt man die Opposition des Planeten.

Wenn sich der Planet in gewissen Zwischenstellungen befindet, nämlich in Punkten, deren kürzester Winkelabstand von der Sonne 90 Grade nach Ost oder nach West beträgt, so sagt man der Planet stehe in Quadratur, und zu dieser Zeit geht er ungefähr um 6 Uhr Abends oder Morgens durch den Meridian.

Wenn Mars am Morgenhimmel zuerst aus den Sonnenstrahlen hervortritt, ist seine Bewegung, in Bezug auf die Fixsterne, von West nach Ost gerichtet, oder direkt; seine Geschwindigkeit ist dann nahezu am größten.

Indessen rückt dennoch die Sonne, welche östlicher als Mars steht, und sich in derselben Richtung bewegt, jeden Tag weiter vom Planeten fort, indem ihre Bewegung, in Bezug auf die Fixsterne, schneller ist als die des Planeten.

Die Bewegung des Mars wird hierauf langsamer, und der Planet kommt in Stillstand, wenn er 137 Grad Abstand von der Sonne erreicht hat; alsdann sagt man, Mars sei stationär, d. h. im Stillstande.

Darauf beginnt der Planet wiederum seine Bewegung, aber diese scheint, in Bezug auf die Fixsterne, nun in entgegengesetzter Richtung stattzufinden. Diese retrograde oder von Ost nach West gerichtete Bewegung erreicht ihre größte Geschwindigkeit am Tage der Opposition; darauf nimmt sie ab und der Planet kommt abermals, in Bezug auf die Fixsterne, in Stillstand, wenn seine Entfernung von der Sonne im Winkel nur noch 137 Grade beträgt.

Für den übrigen Theil des Jahres folgt auf diesen zweiten Stillstand eine direkte, d. h. von West nach Ost gerichtete Bewegung.

Der Umstand, daß diese rechtläufigen oder direkten Bewegungen von einander durch einen Bogen rückläufiger oder retrograder Bewegung getrennt sind, dessen Mitte in die Opposition (d. h. Gegenschein) selbst fällt, und der von zwei Punkten ausgeht, wo der Planet eine kurze Zeit hindurch unter den Sternen still zu stehn scheint, ist außerordent-

lich merkwürdig, und in dieſer Erſcheinung liegt das Geheimniß des wahren Weltſyſtems (vergl. 12. Bd., 16. Buch, Kap. 8).

Beim Mars beträgt der Bogen, den der Planet in rückläufiger Bewegung zurücklegt, etwa 16 Grade, und der Planet braucht 73 Tage um ihn zu durchlaufen.

Diejenige Zeit, welche der Planet braucht, um zu denſelben Fixſternen am Himmel zurückzukehren, nennt man ſeinen Sideralumlauf; ſie beträgt 686,98 Tage oder nahezu 1 Jahr 10 Monate 22 Tage.

Die Dauer des ſynodiſchen Umlaufs, oder die Rückkehr des Planeten zu derſelben ſcheinbaren Stellung gegen die Sonne, beträgt 779 Tage oder 2 Jahre 1 Monat 19 Tage; in dieſer Dauer iſt zugleich die direkte und die darauf folgende retrograde Bewegung einbegriffen.

Die Bewegung des Mars findet nicht in der Ebene der Ekliptik ſtatt; von dieſer entfernt ſich vielmehr der Planet bisweilen 1° 51′ 6″, welcher Winkel die Neigung der Bahnebene gegen die Ebene der Ekliptik iſt.

Gegen den Erdäquator iſt die Marsbahn um 24° 44′ 44″ geneigt.

Der mittlere Abſtand des Planeten von der Sonne beträgt 1,524, wobei die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Einheit geſetzt iſt. Die Periheldiſtanz iſt 1,382; im Aphelium dagegen beträgt der Abſtand 1,666.

Die Excentricität iſt gleich 0,093. Die Perihellänge beträgt 332° 22′ 51″, die des aufſteigenden Knotens 47° 59′ 38″; die mittlere Länge zur Zeit der Epoche (1. Januar 1800) iſt 233° 5′ 34″.

Alle dieſe Angaben über die Marsbahn ſind den Lindenau'ſchen Tafeln entlehnt.

Setzt man diejenige Wärme- und Lichtmenge, welche die Sonne unſerer Erde mittheilt, gleich Eins, ſo betragen Wärme und Licht auf der Marsoberfläche nur 0,43.

Zweites Kapitel.

Größe des Mars.

Die Abstände des Mars von unserer Erde ändern sich sehr stark, und somit ändert sich auch des Planeten Winkeldurchmesser beträchtlich. Der kleinste, nach der Conjunction eintretende Werth ist 3″3; der größte, der Opposition entsprechende dagegen 23″5.

In der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gesehn würde der Durchmesser des Mars 8″9 betragen, welchem Winkel etwa 800 geographische Meilen entsprechen.

An körperlichem Inhalt hat dieser Planet hiernach nur 14 Hundertel von dem unserer Erde.

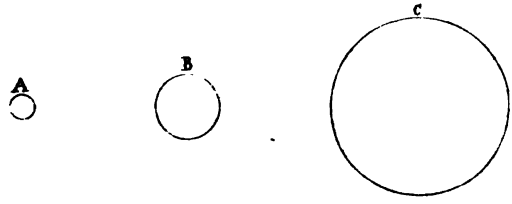


Fig. 323. — Scheinbare Größen der Scheibe des Mars in der größten, kleinsten und mittleren Entfernung von der Erde.

In Figur 323 sind die scheinbaren Größenverhältnisse des Mars dargestellt, und zwar in A wie er sich in seiner größten, und in C wie er sich in seiner kleinsten Entfernung von der Erde zeigt; in B sieht man ihn in einem mittleren Abstande, gleich dem zwischen Sonne und Erde. Diese Figur ist nach demselben Maaßstabe entworfen (jede Bogensecunde 1 Millimeter), wie alle übrigen Figuren, welche in dieser Schrift scheinbare Größen der andern Planetenscheiben vorstellen.

Die im Abstande eintretenden Aenderungen sind äußerst beträchtlich, sogar wenn man nur Oppositionen untereinander vergleicht, ein Umstand, der von der starken Abweichung der Marsbahn vom Kreise herrührt. Unter allen von Alters her bekannten Planeten hat Mars in der That die größte Excentricität.

Ich gebe nachstehend die Abstände des Mars und seine entsprechenden Durchmesser für alle Oppositionen in den Jahren von 1828 bis 1847.

Jahr.	Abstand von der Erde.	Scheinbarer Durchmesser.
1828	0,42	21″ 6
1830	0,39	23,1
1832	0,51	17,6
1835	0,62	14,5
1837	0,67	13,3
1839	0,66	13,5
1841	0,59	15,1
1843	0,49	18,4
1845	0,38	23,5
1847	0,47	18,9

Hieraus sieht man, daß Beobachtungen vom Jahre 1837 über die Größe des Mars und über seine physische Beschaffenheit, verglichen mit Beobachtungen von 1845, so anzusehn sind, als wären letztere, den ersteren gegenüber, mit einem etwa doppelt so stark vergrößernden Fernrohre angestellt worden.

Drittes Kapitel.

Die Lichtgestalten des Mars.

Wenn Mars von seiner Conjunction mit der Sonne kommt, erscheint seine Scheibe vollkommen rund.

Um die Zeit der Opposition, einige Tage vorher und nachher, ist die Gestalt genau dieselbe, im Osten sowohl als im Westen; aber in größerer Entfernung von der Opposition zeigt Mars eine merkliche Phase. Indessen erhält der Planet hierbei niemals Sichelgestalt, nicht einmal das Ansehn des Mondes im ersten Viertel; die Phase erreicht um die Quadraturen herum ihr Maximum. Um diese Zeit gleicht die sichtbare Scheibe des Mars der Mondgestalt drei Tage nach dem Vollmonde; dabei ist die kreisförmige Gränze der Phase stets der Sonne zugewendet. Aus diesen Wahrnehmungen folgt, daß Mars nicht mit eigenem Lichte leuchtet, und daß wir ihn nur in reflectirtem Sonnenlichte sehen.

In einem Briefe Galilei's an Pater Castelli, vom 30. December 1610, heißt es: „Ich kann nicht behaupten, beim Mars Phasen er-

kannt zu haben; irre ich aber nicht, so glaube ich doch zu bemerken, daß seine Scheibe nicht vollkommen rund ist."

Am 24. August 1638, erzählt Riccioli, sah Fontana zu Neapel den Mars ganz deutlich in Phasengestalt (gibbosus). Für die damalige Zeit hat man diese Beobachtung für eine wahre Entdeckung zu halten; heutzutage freilich erkennt auch der ungeübteste Astronom um die Quadraturen herum diese Lichtgestalt ohne Weiteres, wenn ihm ein gutes Fernrohr zur Verfügung steht[2]).

Viertes Kapitel.

Unveränderliche Flecken auf dem Mars. — Seine Rotationsbewegung.

Auf der Oberfläche des Mars nimmt man fortwährend dunkle Flecken wahr, mit deren Hülfe man bewiesen hat, daß sich der Planet um eine Axe dreht, welche gegen die Ekliptik 59° 27′ geneigt ist, folglich mit der Planetenbahn selbst einen Winkel von 61° 18′ bildet.

Die Flecken auf dem Mars wurden kurze Zeit nach Erfindung der Fernröhre entdeckt. Schon im Jahre 1636 hatte Fontana eine dunkle Stelle auf der Marsscheibe erkannt; ähnliche Flecken erwähnt Pater Zucchi im Jahre 1640, und im Monat December 1644 schrieb Pater Bartoli zu Neapel, er habe unterhalb der Mitte der Scheibe zwei dunkle Flecken wahrgenommen. Da indessen Andere zur Zeit ihrer Beobachtungen diese von Pater Bartoli erwähnten Flecken nicht bemerkt hatten, so fing man bereits an zu vermuthen, der Planet könne wohl eine Rotationsbewegung haben[3])

Direct wurde nun diese Umdrehungsbewegung durch Beobachtungen bestätigt, welche J. Dom. Cassini im Jahre 1666 zu Bologna anstellte. Er fand, daß eine volle Umdrehung des Planeten von West nach Ost in 24 St. 40 Min. vollbracht wurde; römische Beobachter behaupteten, aber mit Unrecht, die Rotation betrüge nur 13 Stunden. Im Jahre 1670 bestätigte Cassini seine erste Angabe durch neue Beobachtungen, die er zu Paris anstellte. Späterhin, im Jahre 1704, fand Maraldi 24 St. 39 Min. für diese Rotation. Die sehr günstigen Umstände, welche die Opposition des Planeten, der sich da-

mals in ſeiner Erdnähe befand, im Jahre 1719 darbot, benutzte der ebengenannte Aſtronom, und erhielt daſſelbe Reſultat wie Caſſini, nämlich 24 St. 40 Min.

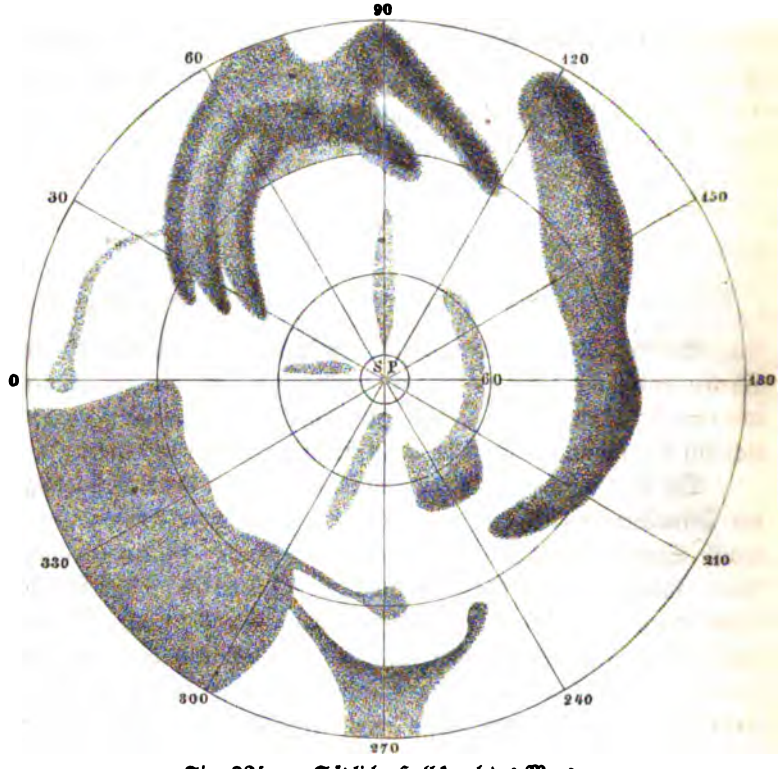


Fig. 324. — Südliche Halbkugel des Mars.

William Herſchel leitete aus ſeinen eigenen Beobachtungen die Umdrehungszeit 24 St. 39 Min. 4 Sec. ab. Ihm verdanken wir auch die erſte Beſtimmung der Lage der Umdrehungsaxe des Planeten, folglich die Kenntniß der Neigung dieſer Axe und der Lage des Durchſchnitts des Aequators mit der Ebene der Ekliptik.

Beer und Mädler haben aus Beobachtungen, die ſie zu Berlin mit größter Sorgfalt angeſtellt haben, die Umdrehungszeit zu 24 St. 37 Min. 23 Sec. beſtimmt[4]).

Es verdient hierbei der Umſtand Erwähnung, daß Herſchel's Beobachtungen genau daſſelbe Reſultat ergeben, wenn man die Annahme macht, jener berühmte Aſtronom habe ſich um eine ganze Um-

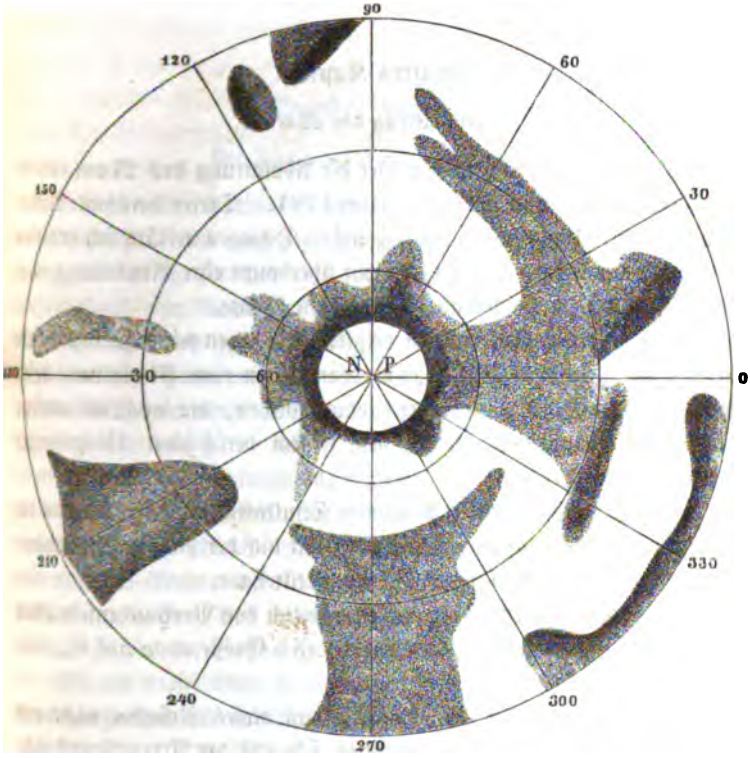


Fig. 325. — Nördliche Halbkugel des Mars.

drehung geirrt in der Zahl der Umdrehungen, die er zwiſchen den entfernt liegenden Beobachtungen, welche er miteinander verglich, vorausſetzte.

In den Figuren 324 und 325 ſind die beiden Marshalbkugeln ſo dargeſtellt, wie ſie Beer und Mädler nach einer großen Anzahl von Beobachtungen zwiſchen den Jahren 1830 bis 1839 entworfen haben. Die auf der ſüdlichen Halbkugel gezeichneten dunkeln Flecken ſtellen vorzugsweiſe das Ausſehn dar, welches der Planet 1830 und 1832

darbot; daſſelbe gilt für die nördliche Halbkugel, den dunkeln Fleck ausgenommen, der den Pol umgibt; dieſer iſt vielmehr nach den Beobachtungen im Jahre 1837 entworfen.

Fünftes Kapitel.

Abplattung des Mars.

Die erſten Beobachtungen über die Abplattung des Mars rühren von Herſchel her, und ſind vom Jahre 1784. Dieſer berühmte Aſtronom ſetzte die Abplattung auf $^1/_{10}$ feſt. Dagegen erklärt ſich indeſſen Schröter, der behauptete, daß, wenn überhaupt eine Abplattung vorhanden ſei, dieſelbe höchſtens $^1/_{30}$ betragen könnte.

Beſſel, deſſen Autorität in dergleichen Fragen nicht zu bezweifeln iſt, hat ſich gleichfalls gegen das Vorhandenſein einer Abplattung beim Mars ausgeſprochen, wenigſtens einer ſolchen, die noch mit unſern heutigen Inſtrumenten, ſogar mit ſeinem berühmten königsberger Heliometer meßbar wäre.

Dieſen ſo beſtimmten negativen Reſultaten muß ich indeſſen die Meſſungen entgegenſtellen, welche ich ſelbſt auf der pariſer Sternwarte in den Jahren von 1811 bis 1847 angeſtellt habe.

Alle dieſe Beobachtungen haben nämlich das Vorhandenſein einer Marsabplattung beſtätigt, und haben deren Größe etwa auf $^1/_{30}$ feſtgeſtellt.

Dabei überſehe ich keineswegs, daß dieſes Reſultat nicht mit demjenigen in Einklang ſteht, welches ſich aus der Attractionstheorie folgern läßt.

Ueber dieſen Widerſpruch, meinte Laplace, könnte man durch die Annahme hinwegkommen, daß locale Erhebungen, wie wir ja deren Wirkungen ſo vielfach auf der Erde finden, möglicherweiſe auf die Geſtalt eines verhältnißmäßig kleinen Planeten einen größern Einfluß auszuüben vermochten, als dies auf unſerer Erde der Fall iſt; dennoch ſtehen dieſer Erklärungsweiſe mannigfaltige Schwierigkeiten entgegen. Mars hat nämlich eine ſehr regelmäßige Geſtalt; es ſcheint, als ob ſich Alles ſüdwärts und nordwärts vom Aequator des Planeten ähn-

ſich verhielte; auch ſchien es mir, als hätten die in der Richtung von 45 Grad gemeſſenen Durchmeſſer eine mittlere Größe zwiſchen dem Aequatoreal- und dem Polardurchmeſſer, und zwar genau ſo, wie es die elliptiſche Geſtalt bedingt [5]).

Sechſtes Kapitel.

Die Jahreszeiten auf dem Mars.

Da beim Mars eine Rotationsare vorhanden iſt, ſo muß man auf dieſem Planeten auch, gleichwie auf unſerer Erde, zwei diametral gegenüberliegende Pole und zwei Halbkugeln unterſcheiden, eine nördliche und eine ſüdliche, beide getrennt durch die durch den Mittelpunkt des Planeten gehende, ſenkrecht auf der Are ſtehende Ebene, den Aequator des Planeten. Indem nun dieſe Ebene ſtets ſich ſelbſt parallel bleibt, ſo muß die Sonne während eines halben Umlaufs des Planeten ſich auf ſeiner nördlichen Halbkugel befinden, und in der andern Hälfte auf der entgegengeſetzten.

Beide Hälften des Umlaufs müſſen, wie wir dies auf der Erde wahrnehmen, gleichfalls durch Nachtgleichen getrennt ſein. Kurz es muß auf dem Mars, gerade ſo wie bei uns der Fall iſt, verſchiedene Jahreszeiten geben, und den Grund davon finden wir in den verſchiedenen Ständen der Sonne in Bezug auf den Aequator des Planeten.

Mittelſt dieſer Betrachtungen gelangen wir leicht zur Erklärung eines ganz eigenthümlichen Phänomens, das ſowohl der Nord- als auch der Südpol des Mars aufweiſt. Ich meine das Wachſen und das Abnehmen zweier weißen Flecken, deren Glanz mindeſtens doppelt ſo groß iſt, als der in den übrigen Theilen des Planeten verbreitete. Der nördliche Fleck nimmt im Frühlinge und Sommer der nördlichen Halbkugel an Ausdehnung ab, vergrößert ſich hingegen in den beiden folgenden Jahreszeiten. Das Gegentheil tritt am Südpol ein, und daraus iſt man berechtigt zu folgern, daß die Umgegend der Marspole abwechſelnd mit einer weißlichen Maſſe bedeckt wird, ähnlich dem Schnee, der in unſerer Atmoſphäre niederfällt, und deſſen Menge gleichfalls von den Wärmeverhältniſſen bedingt wird.

Ich erwähnte, daß dieſe weißen Polarflecken, die Schneeflecken, mehr als doppelt ſo hell erſcheinen, als die Ränder des Mars. Um ſich von der Genauigkeit dieſes Reſultates zu überzeugen, braucht man nur ein mit einem doppeltbrechenden Prisma verſehenes Fernrohr anzuwenden, und damit die Ränder beider Bilder, wenige Tage vor oder nach der Oppoſition, gehörig aufeinander zu bringen; ſo wird man finden, daß dies dadurch erzeugte Bild noch etwas weniger hell erſcheint, als der Polarfleck, den man natürlich in jedem der beiden Bilder geſondert für ſich erblickt. Hier an dieſem Orte iſt es nicht erforderlich auseinanderzuſetzen, wie man die Einrichtung in dem Falle hätte treffen müſſen, um die Helligkeit zu vergleichen, wenn zufällig die beiden Aequatorealgegenden aufeinander gelegt ſich nicht nahezu von gleicher Helligkeit, wie die Polarflecken erwieſen hätten.

Maraldi ſchrieb im Jahre 1706, die weißen Polarflecken ſeien ſeit funfzig Jahren beobachtet; damit kämen wir auf eine noch frühere Zeit zurück, als das Jahr, in welchem Caſſini zu Bologna die Umdrehung dieſes Planeten beſtimmte. Maraldi ſelbſt ſtellte im Jahre 1719 anhaltend Beobachtungen über dieſe Flecken an; er ſah ſie zunehmen und abnehmen, und berichtet auch das einſtweilige Verſchwinden eines deſſelben, nämlich des am Nordpole gelegenen.

Die weißlichen Polarflecken ſcheinen jeder eine örtliche Hervorragung zu bilden, als ob ſie die regelmäßige Geſtalt der Scheibe unterbrächen. In ſeiner Abhandlung in den Memoiren der pariſer Akademie vom Jahre 1720 ſpricht ſich Maraldi hierüber etwa folgendermaßen aus: „Derjenige Theil des Randes, wo ſich der Flecken befand, ſchien über die Scheibe des Planeten etwas hervorzuragen und an dieſer Stelle eine Anſchwellung zu erzeugen. Im Fernrohr geſehn bot Mars etwa das Anſehn, wie der Mond dem bloßen Auge um die Zeit erſcheint, wo blos ein Theil der von der Sonne beſchienenen Hälfte von der Erde aus ſichtbar iſt, während man den übrigen Theil nur im aſchfarbenen Lichte wahrnimmt.“

Beide Polarflecken glaubte Herſchel, dem darin Mädler und Beer beiſtimmen, diametral gegenüberſtehend zu ſehn.

Auf das Studium dieſer Schneeregionen hat Herſchel unſäglichen Fleiß verwandt. Den Mittelpunkt eines jeden der beiden Flecken

glaubte er nicht genau am Orte der Pole zu sehn; doch schien ihm die Abweichung größer für den nördlichen, als für den südlichen Polarfleck. Die in der absoluten Ausdehnung beobachteten Aenderungen stimmten wunderbar genau mit der Vorstellung überein, derzufolge diese Flecken nichts als Anhäufungen von Eis und Schnee seien. Wenn z. B. im Jahre 1781 der südliche Flecken ungewöhnlich groß erschien, so geschah dies nach einem langen Winter auf dieser Halbkugel, nach Verlauf von zwölf Monaten, während welcher der entsprechende Pol alles Sonnenscheins entbehrt hatte. Wenn hingegen im Jahre 1783 derselbe Flecken nur sehr klein erschien, so war dies zu einer Zeit, wo die Sonne seit mehr als acht Monaten fortwährend den Südpol des Mars beschienen hatte. Auch der nördliche Flecken zeigte Aenderungen in seiner Ausdehnung, welche genau der Stellung der Sonne gegen den Aequator des Planeten entsprachen.

Am 18. März 1837 erstreckten sich die Ränder des weißen Fleckens am Südpol, nach Beer und Mädler, bis zu 35 Grad vom Pol. Im Jahre 1830, als die Südhemisphäre Sommer hatte, reichten die Ränder desselben Fleckens nur bis 5 oder 6 Grad vom Pol.

Beer und Mädler haben diese von den glänzenden Polarflecken des Mars gegebene Erklärung, derzufolge dieselben von Schnee herrühren sollen, soweit geprüft und bis in alle Consequenzen verfolgt, als dies mit unsern heutigen Instrumenten geschehen kann.

Nach den Untersuchungen dieser beiden Astronomen gehören von den $668^{2}/_{3}$ Tagen*), die ein Marsjahr ausmachen, in runder Zahl 372 zum Sommer der nördlichen Hemisphäre; die 296 übrigen Tage fallen in den Winter dieser Halbkugel.

Natürlich bestimmen diese Angaben zugleich auch die Jahreszeiten auf der südlichen Halbkugel, wenn man Sommer und Winter miteinander vertauscht.

Indessen verhindert diese so ungleiche Dauer der kalten und der warmen Jahreszeiten keineswegs, daß nicht beide Halbkugeln des Planeten dieselbe mittlere Temperatur besäßen; diesen Umstand werde ich,

*) Ein solcher Tag, wie hier gemeint, ist diejenige Zeit, welche der Planet Mars braucht, um eine Umdrehung um seine Axe auszuführen.

gestützt auf einen Lambert'schen Satz, bei Gelegenheit der Betrachtung unserer Jahreszeiten erörtern.

Die Extreme der Temperaturen können hingegen, wenn man beide Hemisphären untereinander vergleicht, beträchtlich verschieden ausfallen.

So steht der Planet zu der Zeit, wo auf seiner Südhälfte die Sonnenwende eintritt, in größter Nähe bei der Sonne, und wird also von derselben mehr erwärmt, als zu jeder andern Zeit. Ebenso wird das Minimum der Wärme mit dem Wintersolstitium zusammenfallen.

Infolge davon muß der Südpolarfleck, wenn wirklich der Stoff, von welchem dieser weißliche Schimmer herrührt, Analogie mit unserm Schnee hat, beträchtlich stärkeren Aenderungen in seiner Ausdehnung unterliegen, als der Flecken am Nordpole.

Nach Beer und Mädler soll diese Folgerung wirklich auch durch ihre Beobachtungen Bestätigung finden [6]).

Siebentes Kapitel.

Farbe des Mars.

Im Hebräischen wird Mars der Brennende genannt. Die Griechen gaben dem Mars, der bei ihnen auch Herkules hieß, gewöhnlich den Beinamen πυρόεις, d. h. feurig. Nach Bopp hatte Mars bei den Indern den Namen Angaraka (von angara, glühende Kohle), oder auch lohitânga, der rothe Körper, von lohita roth, anga Körper [7]).

Wenn Griechen und Römer einen rothen Stern bezeichnen wollten, wählten sie zur Vergleichung allemal Mars. Auch heutzutage noch ist Mars derjenige Stern, der von allen Sternen am Himmel am meisten röthlich erscheint. So scheinen also zwei bis drei Jahrtausende die eigenthümliche Beschaffenheit des Lichtes nicht verändert zu haben, das der Mars aussendet, und man muß glauben, daß diese besondere Beschaffenheit seines Lichtes von der Natur des Stoffes bedingt ist, aus denen gewisse Gegenden des Mars gebildet sind.

Unter den Astronomen, Physikern und Geologen haben Einige bei dieser Gelegenheit an ockerhaltiges Erdreich gedacht, an rothen

Sandstein u. dergl., von welchen dort möglicherweise das Sonnenlicht reflectirt wird. Lambert nahm zur Erklärung dieser Erscheinung an, die gesammte Vegetation auf dem Mars sei röthlich gefärbt. Andere dagegen waren der Ansicht, die Farbe des Mars werde durch die Modification hervorgerufen, welche das Sonnenlicht beim Durchgange durch die den Planeten umgebende Atmosphäre erleidet, und sie dachten dabei an den Umstand, daß bei uns zuweilen die auf- oder untergehende Sonne über alle Gegenstände einen röthlichen Schimmer verbreitet.

Aber diese Erklärungsweise ist unzulässig; denn wäre sie die richtige, so müßte die Färbung an den Rändern und in den Polargegenden am intensivsten sein, während die Beobachtung gerade das Gegentheil ergibt.

Man hat auch die Bemerkung gemacht, daß die rothe Farbe des Mars dem bloßen Auge viel auffälliger ist, als man sie im Fernrohre wahrnimmt. Soviel ich mich erinnern kann, glaube ich, daß die Färbung bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen bedeutend verringert wird.

Wäre diese Thatsache unzweifelhaft festgestellt, so würde sich damit die Hauptsache erklären lassen unbeschadet des Einflusses, welchen vielleicht die verhältnißmäßig helleren Flecken auf die Schätzung der durchschnittlichen Färbung ausüben, denn in starken optischen Instrumenten gesehn, nehmen diese Flecken zwischen den gefärbten Theilen der Scheibe ganz bestimmte Stellungen ein.

Achtes Kapitel.

Ueber die Atmosphäre des Mars.

Die beständigen Flecken des Mars lassen sich niemals am Rande des Planeten erkennen; dieser Rand scheint besonders stark erhellt, und aus diesen beiden Thatsachen hat man den Schluß gezogen, daß Mars von einer Atmosphäre umgeben ist. Die stärkere Beleuchtung am Ost- und Westrande glaubten einige Astronomen so merklich zu finden, daß sie diese beiden Ränder sogar mit zwei schmalen, glänzen-

den Menisken verglichen, welche den übrigen verhältnißmäßig dunkeln Theil der Scheibe einschließen.

Bei denjenigen Sternen, welche sich gelegentlich dem Mars nähern, glaubte Herschel Nichts von jenen auffallenden Helligkeitsänderungen zu sehn, welche früherhin J. D. Cassini angekündigt hatte. Indessen war auch Herschel der Ueberzeugung, Mars besitze eine beträchtliche Atmosphäre. Er sah nämlich auf verschiedenen Streifen, die sich auf der Scheibe zwischen den unveränderlichen Flecken zeigten, merkliche Veränderungen, welche ihm nur unter dieser Annahme erklärlich schienen.

Wir haben bereits in Vorstehendem einzeln die Aenderungen besprochen, welche bei den Polarflecken auftreten; diese Aenderungen sind thatsächlich und ganz außer Zweifel gestellt. Es gibt aber auf der Marsscheibe noch andere, welche viel schwieriger zu bemerken und festzustellen sind. Schon Maraldi ist auf Aenderungen dieser letzteren Art aufmerksam geworden; sie hängen möglicherweise ab von einer größeren oder geringeren Durchsichtigkeit der Marsatmosphäre, und werden von Beer und Mädler[8]) etwa folgendermaßen beschrieben:

„Die beständigen Flecken des Mars erscheinen bestimmter, gesonderter, intensiver in ihrem Sommer; formloser, bleicher, verwaschener in ihrem Winter."

So könnte man demnach verschiedene Durchsichtigkeitsgrade bei der Sommer- und der Winteratmosphäre von der Erde aus wahrnehmen.

Einigen Beobachtern hat es auch geschienen, als wären die dunkeln Flecken von einem grünen Saume umschlossen, aber diese Färbung ist nicht thatsächlich vorhanden. Es ist dies nur ein Contrastphänomen, wie man es allemal bemerkt, wenn ein schwaches, weißes Object an der Seite eines helleren, röthlichen gesehen wird.

Es verdient hier der Umstand noch weiter erwogen zu werden, daß die permanenten Marsflecken an den Rändern verschwinden, insofern dies nämlich eine Wirkung und zugleich ein Beweis sein soll für das Vorhandensein einer den Planeten umgebenden Atmosphäre; denn wir werden darauf zurückzukommen genöthigt sein, wenn wir uns später mit Jupiter und Saturn beschäftigen.

Ich will hier nicht ausführlich von den Grundsätzen der Photometrie reden, welche bei Untersuchung dieses Phänomens zur Anwendung kommen müßten; wir können es vielmehr als ein Ergebniß der Beobachtung annehmen, daß wenn das Sonnenlicht ungehindert auf eine Kugel mit rauher Oberfläche fällt und dieselbe erleuchtet, Rand und Mittelpunkt der scheinbaren Scheibe nahezu dieselbe Helligkeit haben müssen. Dies ist eine Thatsache, die sich durch Beobachtung des Vollmondes constatiren läßt.

Aber diese gleichhelle Beleuchtung fällt natürlich sogleich weg, wenn diejenigen Strahlen, welche Rand und Mittelpunkt des Gestirns erleuchten, nicht von derselben Helligkeit sind.

Denn falls die Sonnenstrahlen, welche auf den Rand des Gestirnes auffallen, mehr geschwächt sind als diejenigen, welche auf den Mittelpunkt fallen, so werden die Ränder offenbar weniger hell als der Mittelpunkt erscheinen.

Ist nun Mars mit einer unvollkommen durchsichtigen Atmosphäre umgeben, so werden diejenigen Strahlen, welche den Rand des Planeten treffen, jedenfalls schwächer sein, als die auf die Mitte auffallenden, insofern sie einen längeren Weg durch die Schichten der Atmosphäre zurücklegen mußten. Schon aus diesem Grunde allein, selbst abgesehen von der Schwächung, welche das Licht erleidet, indem es ein zweites Mal die eben erwähnten atmosphärischen Schichten durchläuft, muß der feste oder flüssige Theil der dem Rande benachbarten Gegenden dunkler erscheinen, als der feste oder flüssige Theil der mittlern Regionen.

Außerdem ist aber noch eine zweite Ursache vorhanden, die ohne das Resultat in der Hauptsache zu verändern, die optischen Folgerungen beträchtlich zu modificiren im Stande ist. In der Richtung nach jedem materiellen Punkte des Planeten muß man nämlich zugleich dasjenige Licht wahrnehmen, welches von diesem Punkte zurückgeworfen wird, und dasjenige, welches in derselben Richtung die entsprechenden, zwischenliegenden Punkte der Planetenatmosphäre reflectiren. Dieses zweite Licht ist offenbar um so intensiver, je höher die Atmosphäre selbst ist; und somit ist einleuchtend, daß in der Nähe des Randes das atmosphärische Licht, indem es zu gleichen Theilen zu dem Lichte eines

Fleckens und zu dem der benachbarten, helleren Regionen hinzutritt, diese nahezu als gleich hell erscheinen läßt. Es geschieht dies nach dem früher behandelten Grundsatze, daß zwei Lichter gleich hell erscheinen, sobald der Unterschied zwischen beiden nicht mehr als $^1/_{60}$ ausmacht.

Machen wir beispielsweise die Voraussetzung, ein gewisser Flecken und die ihm benachbarte Gegend ständen, ihrer Lichthelligkeit nach, zu einander im Verhältniß der Zahlen 30 und 31. Angenommen nun es komme zu jeder dieser Intensitäten eine durch 30 ausgedrückte Lichtmenge hinzu, so werden die Helligkeiten schließlich durch 60 und 61 ausgedrückt werden. Während der Flecken sich vorher von den umliegenden Gegenden in Helligkeit unterschied, wird dieser Unterschied jetzt unmerklich werden.

Ganz analoge Betrachtungen können uns, in Verbindung mit photometrischen Messungen der dunkeln Stellen sowohl, als der helleren Partien in der Mitte und in verschiedenen Abständen vom Rande, einst zu Folgerungen über die optischen Beschaffenheiten der Marsatmosphäre führen, von denen man hätte glauben sollen, sie würden uns stets verborgen bleiben.

Fünfundzwanzigſtes Buch.

Ueber die kleinen Planeten zwiſchen Mars und Jupiter.

Erſtes Kapitel.

Entdeckung der kleinen Planeten. — Titius' Geſetz.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung der Gruppe der ſo zahlreichen kleinen Planeten, welche in letzter Zeit entdeckt worden ſind.

Von einigen Gelehrten ſind eigene Nachforſchungen darüber angeſtellt worden, ob nicht einer oder der andere ältere Aſtronom vom Vorhandenſein dieſer Planeten eine Ahnung, oder vielleicht richtiger geſagt, eine Vermuthung gehabt habe. Man kann Artemidorus aus Epheſus als einen ſolchen Propheten anſehn, denn dieſer Philoſoph hat, etwa ein Jahrhundert vor Chriſto, behauptet, die Anzahl der Planeten ſei unendlich, und nur Lichtſchwäche und Unermeßlichkeit der Entfernungen hindere uns, ſie alle wahrzunehmen.

Soweit, wie Artemidorus, ging Demokrit nicht; dieſer Philoſoph begnügte ſich vielmehr, wie uns Seneca berichtet, mit der Behauptung, daß eine beträchtlich größere Anzahl von Planeten, als wir wahrnehmen, vorhanden ſei.

Kant ſeinerſeits gab eine Erklärung von dem Umſtande, daß ſich zwiſchen Mars und Jupiter kein Planet befände. Nach ſeiner Anſicht ſollte Jupiter, bei Entſtehung unſeres Sonnenſyſtems, alle Materie, aus der ein ſolcher Zwiſchenplanet hätte entſtehn können, in ſich aufgenommen haben, und dies ſollte zugleich der Grund für die Kleinheit

des Mars ſein, ſo wie für die Thatſache, daß Mars keinen Trabanten erhielt. Der koloſſalſte Planet des ganzen Syſtems ſollte dem Mars einen Theil des ihm zugehörigen Stoffes entzogen haben [1]).

Titius war zuerſt auf eine neue Idee gekommen, indem er unterſuchte, ob ſich nicht eine Geſetzmäßigkeit in den Abſtänden der einzelnen Planeten von der Sonne nachweiſen ließe. Nach mancherlei Verſuchen ſtellte er die folgende Reihe auf, in welcher, vom dritten Gliede an, jedes folgende doppelt ſo groß als das vorhergehende iſt:

0 3 6 12 24 48 96 192.

Indem er nun zu jedem dieſer acht Glieder die Zahl 4 hinzulegte, erhielt Titius folgende neue Reihe:

4 7 10 16 28 52 100 196

☿ ♀ ♁ ♂ ♃ ♄ ♅

in welcher Reihe, wenn man annimmt,

4 ſei Merkurs Abſtand von der Sonne,
7 die Entfernung der Venus ausdrückt;
10 die Entfernung der Erde;
16 die Entfernung des Mars;
28 keinem Planeten zugehört, alſo eine Lücke anzeigt;
52 die Entfernung des Jupiter ausdrückt;
100 endlich die Entfernung des Saturn bezeichnet.

Nun ſind in der That (wie wir im 6. Kap. des 16. Buches geſehn haben) die wirklichen mittleren Abſtände der Planeten von der Sonne die nachſtehenden:

Merkur ☿	0,387098
Venus ♀	0,723332
Erde ♁	1,000000
Mars ♂	1,523691
Jupiter ♃	5,202798
Saturn ♄	9,538852
Uranus ♅	19,182730
Neptun ♆ . . .	30,036280,

wobei allerdings merkwürdig iſt, daß 196 nahezu den Abſtand des Planeten Uranus ausdrückt, den Titius noch nicht kannte.

Dagegen gibt das Titius'ſche Geſetz den mittleren Abſtand des

Neptun von der Sonne merklich falſch an; denn 192 mal 2 + 4 iſt gleich 388, alſo erheblich verſchieden von der Zahl 300.

Dieſe Betrachtungen über das Geſetzmäßige in den mittleren Abſtänden der Planeten von der Sonne ſchreibt man gewöhnlich Bode zu, dem bekannten ehemaligen Director der berliner Sternwarte, der ſich in der That mehrfach mit dieſem Geſetze beſchäftigt hat; aber, wie Bode in ſeinen Abhandlungen ſelbſt angibt, muß dies Geſetz, das häufig das Bode'ſche genannt wird, nach Titius benannt werden. Zuerſt kommt dies angebliche Geſetz vor in einer deutſchen Ueberſetzung von Bonnet's Contemplation de la nature, die der Prof. Titius in Wittenberg herausgab [2]).

Ohne hierauf näher einzugehn, ſteht zunächſt feſt, daß die zufolge des Titius'ſchen Geſetzes zwiſchen Mars und Jupiter beſtehende Lücke darauf hinzudeuten ſchien, daß einer oder mehrere unbekannte Planeten im Abſtande 28 um die Sonne kreiſen müſſe. Dieſe Vermuthung hat ſich vollſtändig bewährt; denn in den Regionen, die ungefähr im Abſtande 28 liegen (den Abſtand zwiſchen Sonne und Erde 10 geſetzt), befinden ſich alle die kleinen Planeten, welche ſeit Anfang dieſes Jahrhunderts entdeckt worden ſind.

Kaum waren die erſten vier dieſer Planeten aufgefunden, ſo begann Herſchel ſie mit der Kritik und Genauigkeit, und mit der Ausdauer, welche ihm eigenthümlich waren, zu beobachten. Ihre Bahnen, ihre Größe und phyſiſche Beſchaffenheit unterwarf er einer genauen Unterſuchung.

Aus dieſen Beobachtungen folgerte Herſchel, daß die zwiſchen Mars und Jupiter befindlichen Wandelſterne weder wegen ihrer Größe noch aus irgend einem andern Grunde den Namen Planeten verdienten; er ſchlug vor ſie Aſteroiden zu nennen. Dr. Thomſon in der Royal Society kritiſirte dieſe neue Bezeichnungsweiſe bitter, und ging darin ſo weit, daß er behauptete, der große Aſtronom „habe den erſten Entdeckern dieſer Körper die Berechtigung nicht zugeſtehn wollen, ſich in der Reihe der Entdecker in der Aſtronomie ihm ſelbſt (Herſchel) an die Seite zu ſtellen". Um indeſſen eine derartige Beſchuldigung zurückzuweiſen, würde ich nur nöthig haben ihr die nachfolgende Stelle aus einer Abhandlung Herſchel's in den Philosophical

Transactions vom Jahre 1805 entgegenzustellen, in welcher es heißt: „Der specifische Unterschied zwischen Planeten und Asteroiden ist jetzt ganz unzweifelhaft festgestellt. Wie mir scheint, ist durch diesen Umstand die Schönheit und der Schmuck unseres Systemes mehr erhöht worden, als dies selbst durch Entdeckung eines neuen Planeten hätte geschehn können."

Ich werde jetzt die neuen Planeten sämmtlich aufzählen, und bei jedem den Beobachter namhaft machen, der ihn entdeckt hat; ferner werde ich für jeden das genaue Datum der ersten Beobachtungen und die elliptischen Elemente anführen. In einzelnen Fällen werde ich auch hinzufügen, was über körperlichen Inhalt und physische Beschaffenheit dieser kleinen Gestirne bekannt geworden ist[3]).

Zweites Kapitel.

Ceres.

Den Planeten Ceres, der durch eines der beiden Zeichen ⚳ oder ① dargestellt wird, hat Piazzi zu Palermo entdeckt am 1. Januar 1800.

Die Ebene seiner Bahn ist 10° 36′ 31″ gegen die Ekliptik geneigt. Die Umlaufszeit beträgt 1681 Tage und die mittlere Bewegung ist nahezu 771″.

Der mittlere Abstand von der Sonne oder die halbe große Axe der Bahn ist 2,767, wenn man den mittleren Abstand zwischen Sonne und Erde gleich Eins setzt. Im Aphel beträgt der Abstand 2,988, im Perihel dagegen 2,546; die Excentricität ist 0,0795.

Die Länge des Perihels ist 149° 26′ 59″; die des aufsteigenden Knotens 80° 49′ 3″; die mittlere Länge zur Zeit der Epoche, 9. Juni 1858 um Mitternacht, ist 249° 24′ 38″.

Ceres hat bisweilen das Ansehn eines Sternes 8. Größe und ist von etwas röthlicher Farbe. Der wirkliche Durchmesser dieses Planeten beträgt nach Herschel etwas über 30 geogr. Meilen; nach Schröter soll er indessen mehr als 90 Meilen betragen[4]).

Damit man sich nicht wundere, so große Verschiedenheit in den

Angaben über die absolute Größe dieses Planeten nach den beiden Astronomen zu finden, bemerke ich, daß diese Dimensionen aus Beobachtungen abgeleitet sind, welche mit sogenannten Projectionsmikrometern angestellt wurden, d. h. mit Instrumenten, welche, wie ich im 2. Kap. des 14. Buches gezeigt habe, in manchen Beziehungen sehr fehlerhaft sind.

Schröter glaubte rund um den Planeten Spuren von einer dichten und sehr hohen Atmosphäre bemerkt zu haben, wovon auch beträchtliche Aenderungen in der Helligkeit dieses Planeten herrühren sollen.

Drittes Kapitel.

Pallas.

Der Planet Pallas, den man gewöhnlich mit einem der Zeichen ⚴ oder ② bezeichnet, wurde von Olbers zu Bremen am 28. März 1802 entdeckt.

Die Neigung der Bahnebene gegen die Ebene der Ekliptik ist sehr beträchtlich, indem dieselbe 34° 42′ 18″ beträgt. Die sidérische Umlaufszeit ist nahezu 1684 Tage und die tägliche mittlere Bewegung 769″.

Der mittlere Abstand von der Sonne oder die halbe große Axe der Bahn ist 2,770; den Perihelabstand findet man 2,107, den Abstand im Aphel 3,433.

Ungewöhnlich groß ist die Excentricität, nämlich 0,239.

Die Perihellänge ist 1858 122° 8′ 4″, und der aufsteigende Knoten lag zu der Zeit in 172° 39′ 34″. Am 27. Mai 1858 Mittags ist die mittlere Länge gleich 224° 1′ 38″.

Steht Pallas in der Nähe der Opposition, so erscheint sie als ein Stern 7. Größe in schöner, gelblicher Färbung.

Diesen Planeten umgibt eine Nebelhülle, die jedoch nicht so deutlich ist, als bei der Ceres.

Als wirklichen Durchmesser hat Herschel für die Pallas etwa 22 geogr. Meilen gefunden; dagegen fand Schröter denselben 380,

Lamont endlich 123 Meilen. In Betreff dieſer großen Abweichungen muß ich auf die Bemerkung verweiſen, die ich bei Ceres ſchon machte[5]).

Viertes Kapitel.

Juno.

Harding zu Lilienthal hat die Juno am 1. Sept. 1804 entdeckt; dieſen Planeten pflegen die Aſtronomen mit dem Zeichen ⚵ oder ③ zu belegen.

Im Jahre 1858 iſt die Neigung der Bahn dieſes Planeten gegen die Ebene der Ekliptik 13° 3′ 15″, und die Bahn wird nahezu in 1592 Tagen durchlaufen; die mittlere tägliche Bewegung des Planeten iſt etwa 814″.

Der mittlere Abſtand iſt 2,669; der Abſtand im Perihel 1,985 und im Aphel 3,353.

Ebenſo wie Pallas hat auch Juno eine große Excentricität; dieſelbe beträgt 0,256.

Als Perihellänge gilt für 1858 53° 59′ 13″; aufſteigender Knoten 171° 0′ 13; mittlere Länge am Mittag des 1. Febr. 1858 104° 40′ 54″.

Zur Zeit der Oppoſition erblickt man Juno als einen Stern achter Größe; meiſt von etwas röthlicher Färbung.

Juno ſcheint eine ſehr dichte Atmoſphäre zu haben, doch ohne eigentliche Nebelhülle.

Schröter's Angaben zufolge ſoll dieſer Planet große und ſchnelle Aenderungen in ſeiner Helligkeit zeigen, woraus man auf eine von der Kugelgeſtalt ſehr abweichende Form des Planeten geſchloſſen hat.

Im Jahre 1804 wandte Herſchel viele Mühe und Beharrlichkeit auf die Beſtimmung der Winkelgröße der Juno. Seine unmittelbaren Meſſungen ergaben ſtets zwiſchen 2 und 3 Zehntelſecunden; daraus erhält man für den mittlern Abſtand zwiſchen Sonne und Erde ungefähr 1 Bogenſecunde. Die Durchmeſſer der Ceres und der Pallas betragen dagegen nach Herſchel, in derſelben Entfernung geſehn, nur 0″,35 und 0″,24. Dabei wurde indeſſen keineswegs ermittelt, wie-

weit diese Resultate frei sind von dem fehlererzeugenden, das Bild vergrößernden Einflusse des Auges und des Fernrohrs. Auch Mädler in Dorpat hat diesen Durchmesser gemessen, und denselben etwa 73 geogr. Meilen gefunden [6]).

Fünftes Kapitel.

Vesta.

Den Planeten Vesta entdeckte Olbers zu Bremen am 29. März 1807. Die Astronomen bezeichnen ihn sowohl mit ✶ als mit ④.

Seine Bahn ist gegen die Ebene der Ekliptik geneigt um 7° 8′ 15″.

Die Dauer eines siderischen Umlaufs ist nahezu 1325 Tage, und die mittlere tägliche Bewegung ist 978″.

Die mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 2,361; in der Sonnennähe ist der Abstand 2,149 und in der Sonnenferne 2,574. Die Excentricität beträgt 0,090.

Die Länge des Perihels ist im Jahre 1858 250° 32′ 56″, des aufsteigenden Knotens 103° 24′ 26″, und am 23. April Mittags die mittlere Länge 218° 26′ 20″.

Zur Zeit der Opposition erreicht Vesta oft die sechste Größe, und ist alsdann, bei heiterem Himmel, mit bloßem Auge zu erkennen. So sah sie Schröter mehrmals. Das Licht der Vesta ist heller, und soll reiner und weißer sein, als das der Ceres, Pallas und Juno. Hind sagt aber, die Vesta habe ein schwachgelbliches Licht [7]).

Um diesen Planeten bemerkt man keine Spur von Nebel; Nichts deutet bei ihm auf eine Atmosphäre.

Schröter bestimmte den Winkeldurchmesser zu 0″,488; da ich aber nicht weiß, in welchem Abstande von der Erde dieser Winkel gemessen wurde, bin ich nicht im Stande, ihn durch geographische Meilen auszudrücken. Mädler setzt den wirklichen Durchmesser etwa 60 Meilen [8]).

Im Monat Mai 1807, zwei Monate nach der damaligen Opposition des Planeten, fand Herschel, daß der Durchmesser der Vesta, während er an dem Planeten durchaus keinen nebligen und atmosphä-

rischen Schein bemerkte, nur den zehnten Theil vom Durchmesser des Uranus betrug.

Sechstes Kapitel.

Asträa.

Nach einer Zwischenzeit von 38 Jahren, in welcher kein neuer Planet aufgefunden worden war, entdeckte Hencke in Driesen, am 8. Dezember 1845, die Asträa. Dieser Planet wird entweder durch das Zeichen ✶ oder ⑤ ausgedrückt.

Die Asträabahn ist gegen die Ebene der Ekliptik 5° 19′ 35″ geneigt; sie wird etwa in 1511 Tagen durchlaufen, und zwar mit einer mittleren täglichen Bewegung von 858″.

Die halbe große Bahnare ist 2,576, die Excentricität 0,189; damit wird der Abstand in der Sonnennähe 2,087 und in der Sonnenferne 3,066.

Die mittlere Länge war Anfang Januar 1850 80° 56′ 3″; zu derselben Zeit war die Perihellänge 134° 35′ 36″, und die Länge des aufsteigenden Knotens 141° 24′ 48″.

Unter den günstigsten Umständen, d. h. wenn der Planet gleichzeitig in Opposition und im Perihel steht, ist Asträa nach Hind kaum heller als ein Stern neunter Größe[9]).

Siebentes Kapitel.

Hebe.

Hencke hat die Hebe zu Driesen am 1. Juli 1847 entdeckt; dieser Planet hat als Zeichen ♅ oder ⑥ erhalten; seine Elemente sind folgende:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	14° 46′ 24″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1380 T.
Mittlere tägliche Bewegung	938″,98
Excentricität der Bahn	0,201
Halbe große Axe	2,426

Periheldistanz	1,949
Apheldistanz	2,912
Mittlere Länge der Epoche (1858. Mai 8.)	242° 1′ 33″
Länge des Perihels	15 7 49
Länge des aufsteigenden Knotens	138 35 29

Zur Zeit seiner Entdeckung war dieser Planet nach Hind etwas schwächer als ein Stern neunter Größe.

Achtes Kapitel.

Iris.

Iris, durch ☌ oder ⑦ bezeichnet, wurde am 13. August 1847 von Hind zu London entdeckt. Die Elemente dieses Planeten sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	5° 28′ 1″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1346 T.
Mittlere tägliche Bewegung	962″,63
Excentricität der Bahn	0,231
Halbe große Axe	2,386
Periheldistanz	1,835
Apheldistanz	2,937
Mittlere Länge der Epoche (1858. Juli 19.)	322° 34′ 39″
Länge des Perihels	41 29 15
Länge des aufsteigenden Knotens	259 46 16

Iris hat die Helligkeit eines Sternes achter Größe. Mehrere Beobachter haben merkliche Aenderungen in der Lichtstärke dieses Planeten bemerkt, die weder den Aenderungen in der Entfernung von der Erde und der Sonne, noch atmosphärischen Zuständen zugeschrieben werden können. Man hat angenommen, der Planet sei nicht rund und biete während seiner Rotationsbewegung der Erde bald eine breite Fläche, bald, so zu sagen, eine Spitze dar.

Neuntes Kapitel.

Flora.

Ebenso wie Iris wurde der Planet Flora durch Hind zu London entdeckt; am 18. October 1847 hat ihn dieser Astronom zum ersten

Male geſehen. Man hat ihm das Zeichen ☾ oder ⑧ gegeben. Seine Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 53′ 8″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1193 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1086″,33
Excentricität der Bahn	0,157
Halbe große Axe	2,201
Periheldiſtanz	1,856
Apheldiſtanz	2,546
Mittlere Länge der Epoche (1848. Januar 1.)	68° 48′ 32″
Länge des Periheliums	32 54 28
Länge des aufſteigenden Knotens	110 17 49

Flora iſt derjenige Planet, der unter den Aſteroiden den kleinſten mittleren Abſtand von der Sonne (halbe große Axe) beſitzt.

Aehnlich einem Sterne achter bis neunter Größe erſcheint dieſer Planet nach Hind bisweilen röthlich, aber ohne irgend ein nebliges Ausſehen.

Zehntes Kapitel.

Metis.

Der durch das Zeichen ☌ oder ⑨ dargeſtellte Planet Metis wurde am 25. April 1848 von Graham zu Makree-Caſtle entdeckt. Seine Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 36′ 1″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1346 T.
Mittlere tägliche Bewegung	962″,89
Excentricität der Bahn	0,123
Halbe große Axe	2,386
Periheldiſtanz	2,092
Apheldiſtanz	2,680
Mittlere Länge der Epoche (1858. Juni 30.)	128° 8′ 13″
Länge des Periheliums	71 3 56
Länge des aufſteigenden Knotens	68 31 32

Metis beſitzt nach Hind den Glanz eines Sternes zehnter Größe; um ſie gut zu ſehen, iſt daher ein ſtarkes Teleſkop nothwendig.

Elftes Kapitel.

Hygiea.

Hygiea wurde von Gasparis zu Neapel zuerſt am 14. April 1849 beobachtet.

Da die Anzahl der nach und nach zwiſchen Mars und Jupiter entdeckten kleinen Planeten in unerwarteter Weiſe anwuchs, ſo einigten ſich die Aſtronomen dahin, als einziges Zeichen für einen jeden derſelben die Nummer aus der Reihenfolge ihrer Entdeckung zu nehmen, und dieſelbe in einen kleinen Kreis einzuſchließen. Hygiea wird hiernach dargeſtellt durch ⑩.

Die Elemente dieſes Planeten, der zu den von der Sonne entfernteren gehört, ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	3° 47′ 9″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	2041 T.
Mittlere tägliche Bewegung	634″,85
Excentricität der Bahn	0,101
Halbe große Axe	3,149
Periheldiſtanz	2,832
Apheldiſtanz	3,466
Mittlere Länge der Epoche (1851. Sept. 17.)	354° 47′ 48″
Länge des Periheliums	227 47 59
Länge des aufſteigenden Knotens	287 38 34

Nach Hind würde dieſer Planet nach ſeiner Helligkeit und ſeinem Anſehen überhaupt zu den Sternen neunter Größe geſtellt werden können.

Zwölftes Kapitel.

Parthenope.

Parthenope, mit dem Zeichen ⑪, wurde ebenfalls von Gasparis zu Neapel entdeckt; dieſer Aſtronom ſah den Planeten zum erſten Male am 11. Mai 1850. Die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	4° 36′ 58″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1403 T.
Mittlere tägliche Bewegung	923″,78
Excentricität der Bahn	0,099

Halbe große Axe	2,453
Periheldistanz	2,210
Apheldistanz	2,696
Mittlere Länge der Epoche (1858. Juni 27.)	283° 56′ 42″
Länge des Periheliums	316 10 7
Länge des aufsteigenden Knotens	125 3 41

Parthenope gleicht einem Sterne neunter Größe.

Dreizehntes Kapitel.

Victoria.

Der Planet Victoria, den man auch Clio zu nennen vorgeschlagen hat, wurde am 13. September 1850 von Hind zu London entdeckt; er hat das Zeichen ⑫. Seine Elemente sind folgende:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	8° 23′ 19″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1301 T.
Mittlere tägliche Bewegung	995″,83
Excentricität der Bahn	0,219
Halbe große Axe	2,333
Periheldistanz	1,822
Apheldistanz	2,844
Mittlere Länge der Epoche (1851. Jan. 0)	7° 42′ 5″
Länge des Periheliums	301 39 25
Länge des aufsteigenden Knotens	235 34 42

Nach Hind gleicht dieſer Planet im Maximum ſeiner Helligkeit einem Sterne neunter Größe und iſt von bläulicher Farbe.

Ein amerikaniſcher Beobachter Ferguſon gibt an, ſich im März 1851 überzeugt zu haben, daß der Planet Victoria Aenderungen in ſeiner Lichtſtärke zeige; was dieſe Bemerkung des amerikaniſchen Aſtronomen einer gewiſſen Beachtung werth macht, iſt der Umſtand, daß der Planet bald mehr bald weniger leicht zu beobachten war, als ein ſehr kleiner in ſeiner Nähe befindlicher Stern; Ferguſon's Beobachtungen bieten hiernach in gewiſſer Weiſe eine photometriſche Meſſung.

Vierzehntes Kapitel.

Egeria.

Der Planet Egeria, bezeichnet ⑬, wurde am 2. November 1850 zu Neapel von Gasparis entdeckt. Seine Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	16° 32′ 24″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1510 T.
Mittlere tägliche Bewegung	858″,42
Excentricität der Bahn	0,088
Halbe große Axe	2,576
Periheldiſtanz	2,350
Apheldiſtanz	2,802
Mittlere Länge der Epoche (1858. Sept. 26.)	11° 24′ 13″
Länge des Periheliums	119 31 17
Länge des aufſteigenden Knotens	43 19 30

Die Helligkeit dieſes Planeten überſteigt nicht die eines Sternes neunter Größe.

Funfzehntes Kapitel.

Irene.

Irene (Zeichen ⑭) wurde am 19. Mai 1851 zu London von Hind entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	9° 7′ 7″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1522 T.
Mittlere tägliche Bewegung	851″,56
Excentricität der Bahn	0,165
Halbe große Axe	2,589
Periheldiſtanz	2,179
Apheldiſtanz	2,999
Mittlere Länge der Epoche (1857. Nov. 20.)	67° 12′ 21″
Länge des Periheliums	179 28 22
Länge des aufſteigenden Knotens	86 40 5

Dieſer Planet, der einem Sterne achter bis neunter Größe gleicht, ſcheint nach Hind von einem leichten Nebel umgeben zu ſein.

Sechzehntes Kapitel.

Eunomia.

Der Planet Eunomia (Zeichen ⑮) wurde am 19. Juli 1851 zu Neapel von Gasparis entdeckt; seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	11° 44′ 5″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1569 T.
Mittlere tägliche Bewegung	825″,80
Excentricität der Bahn	0,188
Halbe große Axe	2,643
Periheldiſtanz	2,146
Apheldiſtanz	3,140
Mittlere Länge der Epoche (1854. Jan. 0.) .	149° 54′ 19″
Länge des Periheliums	27 47 12
Länge des aufſteigenden Knotens	293 55 42

Nach Hind gleicht dieſer Planet einem Sterne neunter Größe.

Siebzehntes Kapitel.

Pſyche.

Der Planet Pſyche (Zeichen ⑯) wurde ebenfalls zu Neapel von Gasparis am 17. März 1852 entdeckt; ſeine Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	3° 4′ 1″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1828 T.
Mittlere tägliche Bewegung	708″,80
Excentricität der Bahn	0,136
Halbe große Axe	2,926
Periheldiſtanz	2,529
Apheldiſtanz	3,323
Mittlere Länge der Epoche (1854. Juli 14.)	313° 1′ 2″
Länge des Periheliums	12 30 57
Länge des aufſteigenden Knotens	150 32 24

Sein Glanz iſt der eines Sternes zehnter Größe.

Achtzehntes Kapitel.

Thetis.

Thetis (17) wurde am 17. April 1852 zu Bilk bei Düſſeldorf von Luther entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	5° 35′ 41″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1420 T.
Mittlere tägliche Bewegung	911″,98
Excentricität der Bahn	0,127
Halbe große Axe	2,474
Periheldiſtanz	2,160
Apheldiſtanz	2,788
Mittlere Länge der Epoche (1856. April 4.)	210° 1′ 24″
Länge des Periheliums	259 22 51
Länge des aufſteigenden Knotens , . . .	125 27 13

In ſeinem Glanze gleicht er einem Sterne neunter bis zehnter Größe.

Neunzehntes Kapitel.

Melpomene.

Melpomene (18) ward von Hind zu London am 24. Juni 1852 entdeckt, und hat folgende Elemente:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	10° 9′ 5″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1271 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1019″,97
Excentricität der Bahn	0,217
Halbe große Axe	2,296
Periheldiſtanz	1,798
Apheldiſtanz	2,794
Mittlere Länge der Epoche (1854. Januar 0.)	95° 6′ 52″
Länge des Periheliums	15 14 32
Länge des aufſteigenden Knotens	150 1 8

Der Glanz dieſes Planeten variirt zwiſchen dem eines Sternes achter und neunter Größe.

Zwanzigstes Kapitel.

Fortuna.

Der Planet Fortuna (19) ward ebenfalls zu London von Hind entdeckt; dieser Astronom sah ihn zum ersten Mal am 22. August 1852. Die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	1° 32′ 29″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1393 T.
Mittlere tägliche Bewegung	930″,16
Excentricität der Bahn	0,158
Halbe große Axe	2,441
Peritheldistanz	2,055
Apheldistanz	2,827
Mittlere Länge der Epoche (1858. März 3.)	148° 28′ 56″
Länge des Perihelium	30 22 50
Länge des aufsteigenden Knotens	211 29 29

Der Glanz ist der eines Sternes neunter Größe.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Massalia.

Dieser Planet mit dem Zeichen (20) wurde am 19. September 1852 von Gasparis zu Neapel (und am folgenden Tage, am 20. September, von Chacornac zu Marseille) gesehen. Unter allen bekannten Planetenbahnen hat die Bahn der Massalia die kleinste Neigung gegen die Ekliptik; die Elemente sind diese:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	0° 41′ 7″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1366 T.
Mittlere tägliche Bewegung	948″,74
Excentricität der Bahn	0,144
Halbe große Axe	2,409
Peritheldistanz	2,063
Apheldistanz	2,755
Mittlere Länge der Epoche (1858. April 21.)	195° 16′ 54″
Länge des Perihelium	98 28 38
Länge des aufsteigenden Knotens	206 41 28

Der Planet gleicht einem Sterne neunter bis zehnter Größe.

Zweiundzwanzigſtes Kapitel.

Lutetia.

Der Planet Lutetia (21) wurde am 15. November 1852 zu Paris von dem Hiſtorienmaler Hermann Goldſchmidt entdeckt. Seine Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 5′ 11″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1388 T.
Mittel der täglichen Bewegung	933″,69
Excentricität der Bahn	0,162
Halbe große Axe	2,435
Periheldiſtanz	2,041
Apheldiſtanz	2,829
Mittlere Länge der Epoche (1853. Januar 2.)	41° 23′ 9″
Länge des Periheliums	327 3 14
Länge des aufſteigenden Knotens	80 27 21

Dieſer Planet gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Dreiundzwanzigſtes Kapitel.

Calliope.

Calliope (22) entdeckte Hind am 16. November 1852 zu London; die Elemente der Bahn ſind die folgenden:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	13° 45′ 28″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1813 T.
Mittlere tägliche Bewegung	714″,96
Excentricität der Bahn	0,102
Halbe große Axe	2,910
Perihelbiſtanz	2,613
Apheldiſtanz	3,207
Mittlere Länge der Epoche (1860. Januar 0.)	224° 46′ 27″
Länge des Periheliums	56 34 13
Länge des aufſteigenden Knotens	66 36 22

Dieſer Planet hat den Glanz eines Sternes neunter Größe.

Vierundzwanzigſtes Kapitel.

Thalia.

Auch die Entdeckung dieſes Planeten (23) verdanken wir Hind, der ihn zu London am 15. December 1852 auffand. Die Elemente ſind nachſtehende:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	10° 13′ 51″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1554 T.
Mittlere tägliche Bewegung	834″,29
Excentricität der Bahn	0,235
Halbe große Axe	2,625
Periheldiſtanz	2,008
Apheldiſtanz	3,242
Mittlere Länge der Epoche (1854. Januar 0.)	173° 39′ 42″
Länge des Perihels	123 11 26
Länge des aufſteigenden Knotens	67 55 55

Der Planet gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Fünfundzwanzigſtes Kapitel.

Phocea.

Phocea (24) wurde am 6. April 1853 zu Marſeille von Chacornac entdeckt; die Elemente ſind wie folgt:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	21° 34′ 54″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1360 T.
Mittlere tägliche Bewegung	952″,93
Excentricität der Bahn	0,253
Halbe große Axe	2,402
Periheldiſtanz	1,793
Apheldiſtanz	3,011
Mittlere Länge der Epoche (1858. Dec. 23.)	75° 18′ 53″
Länge des Perihels	302 54 41
Länge des aufſteigenden Knotens	214 4 15

Der Glanz dieſes Planeten variirt zwiſchen dem eines Sternes neunter und zwölfter Größe.

Sechsundzwanzigſtes Kapitel.

Themis.

Themis (25) wurde an demſelben 6. April zu Neapel von Gasparis aufgefunden; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	0° 49′ 2″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	2042 T.
Mittlere tägliche Bewegung	634″,68
Excentricität der Bahn	0,117
Halbe große Axe	3,150
Periheldiſtanz	2,780
Apheldiſtanz	3,520
Mittlere Länge der Epoche (1856. Sept. 25.)	30° 2′ 42″
Länge des Periheliums	137 54 10
Länge des aufſteigenden Knotens	36 10 30

Dieſer Planet gleicht meiſt einem Sterne elfter bis zwölfter Größe.

Siebenundzwanzigſtes Kapitel.

Proſerpina.

Proſerpina (26) wurde zu Bilk von Luther am 5. Mai 1853 entdeckt; ſeine Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 35′ 40″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1581 T.
Mittlere tägliche Bewegung	819″,68
Excentricität der Bahn	0,087
Halbe große Axe	2,656
Periheldiſtanz	2,424
Apheldiſtanz	2,888
Mittlere Länge der Epoche (1857. März 20.)	181° 21′ 31″
Länge des Periheliums	235 17 37
Länge des aufſteigenden Knotens	45 53 20

Proſerpina hat den Glanz eines Sternes zehnter Größe.

Achtundzwanzigstes Kapitel *).

Euterpe.

[Euterpe (27), am 8. November 1857 zu London von Hind entdeckt, hat folgende Elemente:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	1° 35′ 32″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1313 T.
Mittlere tägliche Bewegung	987″,16
Excentricität der Bahn	0,173
Halbe große Axe	2,346
Periheldiſtanz	1,940
Apheldiſtanz	2,752
Mittlere Länge der Epoche (1858. Febr. 10.)	126° 41′ 18″
Länge des Periheliums	87 29 25
Länge des aufſteigenden Knotens	93 43 53

Der Planet gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Bellona.

Bellona (28) wurde am 1. März 1854 zu Bilk von Luther entdeckt; die Elemente ſind dieſe:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	9° 22′ 31″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1689 T.
Mittlere tägliche Bewegung	767″,49
Excentricität der Bahn	0,154
Halbe große Axe	2,775
Periheldiſtanz	2,346
Apheldiſtanz	3,206
Mittlere Länge der Epoche (1854. März 0.)	159° 3′ 37″
Länge des Periheliums	122 22 48
Länge des aufſteigenden Knotens	144 43 5

Der Planet hat den Glanz eines Sternes zehnter Größe.

*) Um den von Arago entworfenen Plan zu vervollſtändigen, iſt hier die Geſchichte der kleinen, ſeit dem Tode des berühmten Aſtronomen entdeckten Planeten bis auf die jetzige Zeit fortgeführt worden.

Dreißigſtes Kapitel.

Amphitrite.

Dieſer Planet (29) wurde ebenfalls am 1. März 1854, aber von Marth zu London entdeckt; er hat die Elemente:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	6° 7′ 52″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1490 T.
Mittlere tägliche Bewegung	869″,18
Excentricität der Bahn	0,073
Halbe große Axe	2,554
Periheldiſtanz	2,368
Apheldiſtanz	2,740
Mittlere Länge der Epoche (1858. März 27.)	180° 1′ 13″
Länge des Periheliums	56 29 5
Länge des aufſteigenden Knotens	356 26 34

Er gleicht einem Sterne neunter Größe.

Einunddreißigſtes Kapitel.

Urania.

Urania (30) wurde am 22. Juli 1854 zu London von Hind entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	2° 5′ 57″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1328 T.
Mittlere tägliche Bewegung	976″,07
Excentricität der Bahn	0,127
Halbe große Axe	2,364
Periheldiſtanz	2,063
Apheldiſtanz	2,665
Mittlere Länge der Epoche (1858. Oct. 9.) .	19° 30′ 24″
Länge des Periheliums	31 23 25
Länge des aufſteigenden Knotens	308 13 46

Der Planet hat den Glanz eines Sternes neunter Größe.

Zweiunddreißigstes Kapitel.

Euphrosyne.

Der Planet Euphrosyne (31) wurde am 2. September 1854 z Washington von Ferguson entdeckt; unter den kleinen bis jetzt bekann ten Planeten hat er den kleinsten mittleren Abstand von der Sonne Die Elemente sind nämlich:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	26° 25′ 12″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	2048 T.
Mittlere tägliche Bewegung	632″,80
Excentricität der Bahn	0,216
Halbe große Axe	3,156
Periheldistanz	2,474
Apheldistanz	3,838
Mittlere Länge der Epoche (1855. Jan. 0.) .	53° 49′ 50″
Länge des Periheliums	93 51 7
Länge des aufsteigenden Knotens	31 25 23

Euphrosyne gleicht einem Sterne elfter Größe.

Dreiunddreißigstes Kapitel.

Pomona.

Pomona (32) wurde am 26. October 1854 von Goldschmidt entdeckt; die Elemente sind so bestimmt worden:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 29′ 5″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1519 T.
Mittlere tägliche Bewegung	853″,00
Excentricität der Bahn	0,082
Halbe große Axe	2,586
Periheldistanz	2,373
Apheldistanz	2,799
Mittlere Länge der Epoche (1855. Jan. 5.) .	57° 34′ 12″
Länge des Periheliums	194 27 6
Länge des aufsteigenden Knotens	220 48 30

Dieser Planet hat den Glanz eines Sternes elfter Größe.

Vierunddreißigstes Kapitel.

Polyhymnia.

Der Planet Polyhymnia (33) wurde zu Paris am 28. October 1854 von Chacornac aufgefunden. Die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	1° 56′ 48″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1771 T.
Mittlere tägliche Bewegung	731″,83
Excentricität der Bahn	0,338
Halbe große Axe	2,865
Periheldiſtanz	1,898
Apheldiſtanz	3,832
Mittlere Länge der Epoche (1855. Jan. 0.)	23° 5′ 48″
Länge des Periheliums	340 41 56
Länge des aufſteigenden Knotens	9 14 30

Polyhymnia hat unter allen bekannten Planeten die größte Excentricität. Der Glanz ändert ſich zwiſchen dem eines Sternes neunter und dreizehnter Größe.

Fünfunddreißigſtes Kapitel.

Circe.

Circe (34) wurde ebenfalls von Chacornac zu Paris am 6. April 1855 entdeckt. Die Elemente der Bahn ſind dieſe:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	5° 26′ 33″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1610 T.
Mittlere tägliche Bewegung	804″,99
Excentricität der Bahn	0,108
Halbe große Axe	2,688
Periheldiſtanz	2,397
Apheldiſtanz	2,979
Mittlere Länge der Epoche (1857. April 9,7.)	193° 36′ 37″
Länge des Periheliums	149 58 35
Länge des aufſteigenden Knotens	184 47 11

Dieſer Planet gleicht einem Sterne elfter Größe.

Sechsunddreißigstes Kapitel.

Leucothea.

Leucothea (35) wurde am 19. April 1855 von Luther zu B entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	8° 15′ 18″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1873 T.
Mittlere tägliche Bewegung	691″,93
Excentricität der Bahn	0,216
Halbe große Axe	2,974
Periheldiſtanz	2,330
Apheldiſtanz	3,618
Mittlere Länge der Epoche (1855. Mai 0.) .	197° 49′ 5″
Länge des Periheliums	198 17 0
Länge des aufſteigenden Knotens	356 24 38

Dieſer Planet gleicht einem Sterne zwölfter Größe.

Siebenunddreißigſtes Kapitel.

Atalante.

Atalante (36) wurde am 5. October 1855 zu Paris von Goldſchmidt entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	18° 42′ 10″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1665 T.
Mittlere tägliche Bewegung	778″,60
Excentricität der Bahn	0,298
Halbe große Axe	2,749
Periheldiſtanz	1,934
Apheldiſtanz	3,564
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 0.) .	36° 19′ 53″
Länge des Periheliums	42 22 25
Länge des aufſteigenden Knotens	359 8 48

Der Glanz dieſes Sternes ſchwankt zwiſchen dem eines Sterne elfter und vierzehnter Größe.

Achtunddreißigſtes Kapitel.

Fides.

Der Planet Fides (37) wurde am 12. Januar 1856 von Luther in Bilk entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 7′ 19″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1568 T.
Mittlere tägliche Bewegung	826″,29
Excentricität der Bahn	0,175
Halbe große Axe	2,642
Periheldiſtanz	2,180
Apheldiſtanz	3,104
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 0.) .	42° 34′ 30″
Länge des Periheliums	66 5 36
Länge des aufſteigenden Knotens	8 10 23

Fides gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Neununddreißigſtes Kapitel.

Leda.

Der Planet Leda (38) wurde am 8. Februar 1856 von Chacornac in Paris entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	6° 58′ 32″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1656 T.
Mittlere tägliche Bewegung	782″,45
Excentricität der Bahn	0,156
Halbe große Axe	2,740
Periheldiſtanz	2,314
Apheldiſtanz	3,166
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 0.) .	112° 55′ 7″
Länge des Periheliums	100 40 28
Länge des aufſteigenden Knotens	296 27 47

Dieſer Planet hat den Glanz eines Sternes elfter Größe.

Vierzigſtes Kapitel.

Lätitia.

Lätitia (39) wurde ebenfalls zu Paris von Chacornac am 8. Fe 1856 entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	10° 21′ 0″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1685 T.
Mittlere tägliche Bewegung	769″,20
Excentricität der Bahn	0,111
Halbe große Axe	2,771
Periheldiſtanz	2,464
Apheldiſtanz	3,078
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 1.) .	146° 43′ 50″
Länge des Periheliums	2 7 12
Länge des aufſteigenden Knotens	157 19 39

Der Planet hat den Glanz eines Sternes neunter Größe.

Einundvierzigſtes Kapitel.

Harmonia.

Harmonia (40) wurde am 31. März 1856 zu Paris von Gol ſchmidt entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	4° 15′ 48″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1246 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1040″,3
Excentricität der Bahn	0,046
Halbe große Axe	2,266
Periheldiſtanz	2,162
Apheldiſtanz	2,370
Mittlere Länge der Epoche (1857. Jan. 0.) .	275° 5′ 31″
Länge des Periheliums	2 2 16
Länge des aufſteigenden Knotens	93 32 28

Der Glanz dieſes Planeten iſt einem Sterne neunter bis zehn Größe vergleichbar.

Zweiundvierzigſtes Kapitel.

Daphne.

Der Planet Daphne (41) wurde ebenfalls zu Paris von Goldſchmidt, und zwar am 22. Mai 1856 entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	15° 48′ 23″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1358 T.
Mittlere tägliche Bewegung	954″,11
Excentricität der Bahn	0,202
Halbe große Axe	2,400
Periheldiſtanz	1,914
Apheldiſtanz	2,886
Mittlere Länge der Epoche (1856. Juni 0, 5.)	202° 28′ 49″
Länge des Periheliums	230 21 30
Länge des aufſteigenden Knotens	180 5 51

Dreiundvierzigſtes Kapitel.

Iſis.

Iſis (42) wurde am 23. Mai 1856 zu Orford von Pogſon entdeckt; die Elemente ſind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	8° 34′ 40″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1387 T.
Mittlere tägliche Bewegung	934″,45
Excentricität der Bahn	0,223
Halbe große Axe	2,434
Periheldiſtanz	1,891
Apheldiſtanz	2,977
Mittlere Länge der Epoche (1856. Juli 1.)	276° 45′ 2″
Länge des Periheliums	317 57 48
Länge des aufſteigenden Knotens	84 27 50

Vierundvierzigstes Kapitel.

Ariadne.

Ariadne (43) wurde am 15. April 1857 in Orford von Pogs entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 28′ 2″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1191 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1088″,07
Excentricität der Bahn	0,157
Halbe große Axe	2,199
Periheldistanz	1,853
Apheldistanz	2,545
Mittlere Länge der Epoche (1857. Mai 18, 5.)	232° 36′ 31″
Länge des Periheliums	277 11 43
Länge des aufsteigenden Knotens	264 44 52

Fünfundvierzigstes Kapitel.

Nysa.

Nysa (44) wurde am 27. Mai 1857 in Paris von Goldschmi entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 53′ 26″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1586 T.
Mittlere tägliche Bewegung	810″,15
Excentricität der Bahn	0,453
Halbe große Axe	2,677
Perihelbistanz	1,463
Aphelbistanz	3,891
Mittlere Länge der Epoche (1857. Juni 15, 5.)	187° 29′ 24″
Länge des Periheliums	118 48 37
Länge des aufsteigenden Knotens	127 6 20

Sechsundvierzigſtes Kapitel.

Eugenia.

Eugenia (45) wurde am 27. Juni 1857 in Paris von Goldſchmidt entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	6° 34′ 53″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1618 T.
Mittlere tägliche Bewegung	801″,17
Excentricität der Bahn	0,091
Halbe große Axe	2,697
Periheldiſtanz	2,450
Apheldiſtanz	2,944
Mittlere Länge der Epoche (1857. Juli 8, 5.)	252° 36′ 9″
Länge des Periheliums	208 16 39
Länge des aufſteigenden Knotens	148 19 38

Siebenundvierzigſtes Kapitel.

Heſtia.

Heſtia (46) wurde am 16. Auguſt 1857 in Oxford von Pogſon entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	2° 17′ 47″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1407 T.
Mittlere tägliche Bewegung	921″,36
Excentricität der Bahn	0,123
Halbe große Axe	2,457
Periheldiſtanz	2,156
Apheldiſtanz	2,758
Mittlere Länge der Epoche (1857. Aug. 16, 5.)	319° 43′ 1″
Länge des Periheliums	344 56 48
Länge des aufſteigenden Knotens	181 31 33

Achtundvierzigſtes Kapitel.

Aglaja.

Aglaja (47) wurde am 15. September 1857 in Bilk von Luther entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	5° 5′ 49″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1794 T.
Mittlere tägliche Bewegung	722″,41
Excentricität der Bahn	0,140
Halbe große Axe	2,889
Periheldiſtanz	2,484
Apheldiſtanz	3,294
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 6.)	349° 55′ 5″
Länge des Periheliums	306 1 22
Länge des aufſteigenden Knotens	4 24 59

Neunundvierzigſtes Kapitel.

Doris.

Doris (48) wurde am 19. September 1857 in Paris von Goldſchmidt entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	6° 8′ 55″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	2187 T.
Mittlere tägliche Bewegung	592″,70
Excentricität der Bahn	0,197
Halbe große Axe	3,297
Periheldiſtanz	2,649
Apheldiſtanz	3,945
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 6.) .	6° 53′ 59″
Länge des Periheliums	61 13 3
Länge des aufſteigenden Knotens	186 28 26

Funfzigſtes Kapitel.

Pales.

Pales (49) wurde ebenfalls am 19. September 1857 in Paris von Goldſchmidt entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 23′ 18″
Dauer der sideriſchen Umlaufszeit	1677 T.
Mittlere tägliche Bewegung	772″,75
Excentricität der Bahn	0,088
Halbe große Axe	2,763
Periheldiſtanz	2,520

Apheldiſtanz	3,006
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 6.) .	344° 39′ 16″
Länge des Periheliums	320 50 16
Länge des aufſteigenden Knotens	295 28 37

Einundfunfzigſtes Kapitel.

Virginia.

Virginia (50) wurde am 4. October 1857 in Waſhington von Ferguſon (und am 19. October von Luther) entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	2° 52′ 7″
Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit	1596 T.
Mittlere tägliche Bewegung	811″,96
Excentricität der Bahn	0,289
Halbe große Axe	2,673
Periheldiſtanz	1,900
Apheldiſtanz	3,446
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 21, 375.)	13° 42′ 20″
Länge des Periheliums	6 13 20
Länge des aufſteigenden Knotens	173 51 57

Zweiundfunfzigſtes Kapitel.

Vermuthungen über den Urſprung der kleinen Planeten.

Die vorſtehenden Angaben über den Schwarm der kleinen, zwiſchen Mars und Jupiter kreiſenden und ihrer Anzahl nach bis heute noch unbeſtimmten Planeten zeigen, daß das Planetenſyſtem ſich ſeit einiger Zeit faſt jedes Jahr um mehrere neue Himmelskörper vermehrt. Die folgende Zuſammenſtellung läßt die raſche Zunahme in dieſen Entdeckungen ſeit Anfang dieſes Jahrhunderts erkennen*):

1801. 1 Planet: Ceres.
1802. 1 Planet; Pallas.

*) Die von Arago bis 1853 aufgeſtellte Tabelle iſt bis zur Zeit des Druckes dieſes Bandes fortgeführt. Daſſelbe gilt von der folgenden Tabelle.

1804. 1 Planet: Juno.
1807. 1 Planet: Vesta.
1845. 1 Planet: Asträa.
1847. 3 Planeten: Hebe, Iris, Flora.
1848. 1 Planet: Metis.
1849. 1 Planet: Hygiea.
1850. 3 Planeten: Parthenope, Victoria, Egeria.
1851. 2 Planeten: Irene, Eunomia.
1852. 8 Planeten: Psyche, Thetis, Melpomene, Fortuna, Massalia, Lutetia, Calliope, Thalia.
1853. 4 Planeten: Themis, Phocäa, Proserpina, Euterpe.
1854. 6 Planeten: Bellona, Amphitrite, Urania, Euphrosyne, Pomona, Polyhymnia.
1855. 4 Planeten: Circe, Leucothea, Atalante, Fides.
1856. 5 Planeten: Leda, Lätitia, Harmonia, Daphne, Isis.
1857. 8 Planeten: Ariadne, Nysa, Eugenia, Hestia, Aglaja, Doris, Pales, Virginia.

Die den verschiedensten Ländern angehörigen Beobachter haben in folgender Weise zu dieser wichtigen Erweiterung in der praktischen Astronomie beigetragen:

Piazzi	hat entdeckt	1	Planeten in	Palermo,
Olbers	" "	2	" "	Bremen,
Harding	" "	1	" "	Lilienthal,
Hencke	" "	2	" "	Driesen,
Hind	" "	10	" "	London,
Graham	" "	1	" "	Makree-Castle,
Gasparis	" "	7	" "	Neapel,
Luther	" "	6	" "	Bilk,
Goldschmidt	" "	9	" "	Paris,
Chacornac	" "	1	" "	Marseille,
"	" "	4	" "	Paris,
Marth	" "	1	" "	London,
Ferguson	" "	2	" "	Washington,
Pogson	" "	3	" "	Oxford.

Diese große Anzahl von Entdeckungen bekundet den Eifer, die Ausdauer und Geschicklichkeit der Astronomen und die Verbesserung der astronomischen Instrumente. Die äußerst sorgfältige Einrichtung der auf verschiedenen Observatorien angefertigten neuen Sternkarten, in welche selbst die Sterne neunter und zehnter Größe eingetragen sind,

hat das Aufſuchen der kleinen Planeten beträchtlich erleichtert. Wird an einer Stelle des Himmels ein kleiner in dieſen Karten noch nicht verzeichneter Stern wahrgenommen, ſo muß man denſelben ſorgfältig beobachten und zu beſtimmen ſuchen, ob er in Bezug auf die nächſtſtehenden Fixſterne eine Ortsveränderung zeigt. Iſt der Nachweis einer ſolchen Bewegung gelungen, ſo hat man einen neuen kleinen Planeten entdeckt; es erübrigt dann nur noch, dieſe Entdeckung durch ſpätere Beobachtungen zu beſtätigen.

Als Piazzi den Planeten Ceres gefunden hatte, ſchien es den Aſtronomen, als ob die ſchon von Keppler vermuthete, und in der bekannten Zahlenreihe von Titius über die Abſtände der Planeten deutlich hervortretende Lücke zwiſchen Mars und Jupiter ausgefüllt wäre; die Entdeckung der Pallas durch Olbers brachte aber eine nicht erwartete Complication in das Planetenſyſtem, deſſen Einfachheit man glaubte feſtgeſtellt zu haben. Jener berühmte bremer Aſtronom kam damals auf die Idee, daß Ceres und Pallas wohl die Bruchſtücke eines einzigen durch irgend eine Naturkraft zerſtörten Planeten ſein könnten. Die aus den Rechnungen von Gauß ſich ergebende Thatſache, daß Ceres in ihrem aufſteigenden Laufe durch die Ebene der Pallasbahn dieſem Planeten ſehr nahe kommt, verlieh jener Hypotheſe eine gewiſſe Wahrſcheinlichkeit. Olbers wagte ſelbſt daraus den Schluß zu ziehen, daß man zu erwarten hätte, ähnliche Bruchſtücke noch ferner in derſelben Gegend aufzufinden. Der Punkt, wo die Bahnen ſich kreuzen, ſchien derjenige ſein zu müſſen, wo ehemals jener eigenthümliche Vorgang eingetreten war. Nun ſchneiden ſich die Bahnen der Ceres und Pallas in einer Linie, die einerſeits beim nördlichen Flügel der Jungfrau und andererſeits beim Wallfiſch endigt; dies würden alſo die Gegenden ſein, wo man die unbekannten Bruchſtücke des zerbrochenen Planeten zu erwarten hätte. Allerdings entdeckte im Wallfiſch Harding die Juno, und im nördlichen Flügel der Jungfrau Olbers die Veſta; die Vermuthung des geſchickten bremer Aſtronomen ſchien hierdurch eine neue Stütze gewonnen zu haben. Indeß, obſchon einige der kleinen Planeten, wie z. B. Iris (S. 125), nicht rund ſind und der Erde in verſchiedenen Formen erſcheinen, was ſie wahren Bruchſtücken ähnlich macht, ſo läßt doch die große Zahl der jetzt bekannten

1804.	1 Planet:	Juno.
1807.	1 Planet:	Vesta.
1845.	1 Planet:	Asträa.
1847.	3 Planeten:	Hebe, Iris, Flora.
1848.	1 Planet:	Metis.
1849.	1 Planet:	Hygiea.
1850.	3 Planeten:	Parthenope, Victoria, Egeria.
1851.	2 Planeten:	Irene, Eunomia.
1852.	8 Planeten:	Psyche, Thetis, Melpomene, Fortuna, Massalia, Lutetia, Calliope, Thalia.
1853.	4 Planeten:	Themis, Phocäa, Proserpina, Euterpe.
1854.	6 Planeten:	Bellona, Amphitrite, Urania, Euphrosyne, Pomona, Polyhymnia.
1855.	4 Planeten:	Circe, Leucothea, Atalante, Fides.
1856.	5 Planeten:	Leda, Lätitia, Harmonia, Daphne, Isis.
1857.	8 Planeten:	Ariadne, Nysa, Eugenia, Hestia, Aglaja, Doris, Pales, Virginia.

Die den verschiedensten Ländern angehörigen Beobachter haben in folgender Weise zu dieser wichtigen Erweiterung in der praktischen Astronomie beigetragen:

Piazzi	hat entdeckt	1	Planeten	in	Palermo,
Olbers	" "	2	"	"	Bremen,
Harding	" "	1	"	"	Lilienthal,
Hencke	" "	2	"	"	Driesen,
Hind	" "	10	"	"	London,
Graham	" "	1	"	"	Makree-Castle,
Gasparis	" "	7	"	"	Neapel,
Luther	" "	6	"	"	Bilk,
Goldschmidt	" "	9	"	"	Paris,
Chacornac	" "	1	"	"	Marseille,
"	" "	4	"	"	Paris,
Marth	" "	1	"	"	London,
Ferguson	" "	2	"	"	Washington,
Pogson	" "	3	"	"	Oxford.

Diese große Anzahl von Entdeckungen bekundet den Eifer, die Ausdauer und Geschicklichkeit der Astronomen und die Verbesserung der astronomischen Instrumente. Die äußerst sorgfältige Einrichtung der auf verschiedenen Observatorien angefertigten neuen Sternkarten, in welche selbst die Sterne neunter und zehnter Größe eingetragen sind,

hat das Aufſuchen der kleinen Planeten beträchtlich erleichtert. Wird an einer Stelle des Himmels ein kleiner in dieſen Karten noch nicht verzeichneter Stern wahrgenommen, ſo muß man denſelben ſorgfältig beobachten und zu beſtimmen ſuchen, ob er in Bezug auf die nächſtſtehenden Fixſterne eine Ortsveränderung zeigt. Iſt der Nachweis einer ſolchen Bewegung gelungen, ſo hat man einen neuen kleinen Planeten entdeckt; es erübrigt dann nur noch, dieſe Entdeckung durch ſpätere Beobachtungen zu beſtätigen.

Als Piazzi den Planeten Ceres gefunden hatte, ſchien es den Aſtronomen, als ob die ſchon von Keppler vermuthete, und in der bekannten Zahlenreihe von Titius über die Abſtände der Planeten deutlich hervortretende Lücke zwiſchen Mars und Jupiter ausgefüllt wäre; die Entdeckung der Pallas durch Olbers brachte aber eine nicht erwartete Complication in das Planetenſyſtem, deſſen Einfachheit man glaubte ſeſtgeſtellt zu haben. Jener berühmte bremer Aſtronom kam damals auf die Idee, daß Ceres und Pallas wohl die Bruchſtücke eines einzigen durch irgend eine Naturkraft zerſtörten Planeten ſein könnten. Die aus den Rechnungen von Gauß ſich ergebende Thatſache, daß Ceres in ihrem aufſteigenden Laufe durch die Ebene der Pallasbahn dieſem Planeten ſehr nahe kommt, verlieh jener Hypotheſe eine gewiſſe Wahrſcheinlichkeit. Olbers wagte ſelbſt daraus den Schluß zu ziehen, daß man zu erwarten hätte, ähnliche Bruchſtücke noch ferner in derſelben Gegend aufzufinden. Der Punkt, wo die Bahnen ſich kreuzen, ſchien derjenige ſein zu müſſen, wo ehemals jener eigenthümliche Vorgang eingetreten war. Nun ſchneiden ſich die Bahnen der Ceres und Pallas in einer Linie, die einerſeits beim nördlichen Flügel der Jungfrau und andererſeits beim Wallfiſch endigt; dies würden alſo die Gegenden ſein, wo man die unbekannten Bruchſtücke des zerbrochenen Planeten zu erwarten hätte. Allerdings entdeckte im Wallfiſch Harding die Juno, und im nördlichen Flügel der Jungfrau Olbers die Veſta; die Vermuthung des geſchickten bremer Aſtronomen ſchien hierdurch eine neue Stütze gewonnen zu haben. Indeß, obſchon einige der kleinen Planeten, wie z. B. Iris (S. 125), nicht rund ſind und der Erde in verſchiedenen Formen erſcheinen, was ſie wahren Bruchſtücken ähnlich macht, ſo läßt doch die große Zahl der jetzt bekannten

kleinen Planeten glauben, daß ſie andern Urſachen ihre Entſtehung verdanken. Die Durchſchnitte von je zwei Bahnen der kleinen Planeten entſprechen durchaus nicht alle Olbers' Hypotheſe; jedenfalls weiſt aber die Verſchlingung dieſer Bahnen einen innigen Zuſammenhang zwiſchen mehreren dieſer Planeten nach, und ſind Erſcheinungen vorhanden, die für aſtronomiſche Unterſuchungen eine intereſſante Vorlage darbieten. Nach den Bewegungen des Mars und Jupiters zu ſchließen ſcheint es nicht, als ob alle kleinen Planeten zuſammengenommen eine beträchtliche Maſſe hätten, indem ſonſt dieſe Maſſe in der Bewegung der beiden genannten Planeten Störungen erzeugen müßte, dergleichen aber von der Beobachtung noch nicht nachgewieſen ſind. Indeß iſt nach einer 1850 der British association for the advancement of science gemachten Mittheilung bei dem Verſuche den zertrümmerten Planeten aus ſeinen damals bekannten Bruchſtücken wiederherzuſtellen, wie man in der Geologie die vorſündflutlichen Thiere wieder zuſammenſetzt, Daniel Kirkwood zu dem Reſultate gekommen, demſelben einen viel größern Durchmeſſer als dem Mars beizulegen.

Wenn der von Olbers vermuthete Vorfall nicht ſtatt gefunden hat, was mag dann die Urſache ihrer Entſtehung ſein? Kann nicht ein Komet den großen Planeten zertrümmert und daraus Ceres, Pallas, Juno, Veſta, Iris und mehrere andere Planeten gebildet haben? Dieſe Frage wollen wir näherer Prüfung unterziehn.

Unter den Bahnen der kleinen Planeten ſind die der Ceres und Pallas einander faſt genau gleich. Die Bahn der Juno und beſonders der Veſta haben merklich kleinere Dimenſionen. Dreht man die ſehr verſchiedenen Bahnen dieſer vier Planeten um angemeſſene Größen, ohne indeß ihre reſpectiven Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik zu ändern; mit andern Worten, ändert man nur die Richtungen der Knotenlinien: ſo findet man Lagen, in denen jene vier krummen Linien ſo zu ſagen ineinander gehenkelt ſind. Alles ließ alſo Olbers vermuthen, daß die vier kleinen Planeten ehemals bei jedem ihrer Umläufe durch einen und denſelben Punkt des Raumes gegangen ſeien.

Dieſer Umſtand würde jedenfalls ſehr außergewöhnlich ſein, wenn Ceres, Pallas, Juno, Veſta nebſt den übrigen kleinen Planeten, welche derſelben Bedingung genügen, immer von einander unabhängige Kör-

per geweſen wären; er wird dagegen ſich ganz einfach erklären, aus dem Gange der Dinge ſelbſt folgen, wenn man die kleinen Planeten als Bruchſtücke eines viel größern Planeten betrachtet, den ein einziger Stoß in eine gewiſſe Zahl von Trümmern verwandelt hat.

In der That verfolgt ein eigentlicher Planet, abgeſehen von den unter dem Namen der Störungen bekannten Abweichungen, beſtändig denſelben Weg, und bei jedem ſeiner Umläufe geht er durch dieſelbe Reihe von Punkten. Im Augenblicke nun, wo nach der angenommenen Hypotheſe der große Planet zerbrach, wurde jedes ſeiner Bruchſtücke in vollſter Bedeutung des Wortes ein wirklicher Planet, und begann die Curve zu beſchreiben, in welcher er ſeine eigene Bewegung für alle Zukunft auszuführen hatte. Einige Differenzen in der Stärke und Richtung der Kräfte, welche die verſchiedenen Trümmer fortſchleuderten, führten merkliche Verſchiedenheiten in Geſtalten und Lagen der Bahnen herbei; alle dieſe Ellipſen mußten aber einen Punkt gemein haben, nämlich denjenigen, wo die verſchiedenen Trümmer ſich trennten, um geſondert ihre Bahnen zurückzulegen. Der gemeinſchaftliche Punkt, welchen die Bahnen der kleinen Planeten ehedem gehabt zu haben ſcheinen, weiſt alſo mit großer Wahrſcheinlichkeit darauf hin, daß einſt dieſe Himmelskörper vereinigt waren und nur einen einzigen Planeten bildeten.

Dieſe Theorie über den gemeinſchaftlichen Urſprung einer gewiſſen Zahl von teleſkopiſchen Planeten hat faſt allgemeine Beiſtimmung gefunden. Man mußte nun nach der Urſache forſchen, welche das Zerſpringen des großen Planeten herbeigeführt hat. Die Einen glaubten in Rückſicht auf jene mächtigen unterirdiſchen Kraftäußerungen, welche das Auswerfen von Lava, Steinen und Aſchenregen zum gewöhnlichen Erfolge haben, daß, wofern nicht die Krater der Vulkane wie eine Art von Sicherheitsventilen einen theilweiſen Ausweg geſtatteten, und die Oberfläche der Erde nicht irgend eine Spalte darböte, ihre feſte Rinde auf die Länge der immer wachſenden Kraft, welche die chemiſchen Prozeſſe in ihrem Innern entwickeln, nicht widerſtehen könnte, und eine furchtbare Exploſion die Folge ſein würde. Auf dieſe Weiſe iſt nach ihrer Anſicht der große Planet zerſprungen, deſſen Bruchſtücke wir in der Ceres, Pallas, Juno, Veſta, Iris u. ſ. w. erblicken.

Andere dagegen weisen jede Vergleichung zwischen Planeten und den leider zu oft Explosionen unterworfenen Kesseln unserer Dampfmaschinen zurück. Ihrer Meinung zufolge kann eine feste Planetenkugel nur durch einen sehr heftigen Stoß zertrümmert werden; und ein Jeder erräth sogleich, daß dann die Kometen die stoßenden Körper sein werden.

Es scheint schwierig, in der Gestalt und dem Aussehen der kleinen Planeten einwurfsfreie Gründe für die Annahme der einen jener beiden Hypothesen mit Ausschluß der andern aufzufinden. Ich muß indeß hier gewisse eigenthümliche Betrachtungen anschließen, auf welche sich die Anhänger des Stoßes der Kometen stützen.

Die neuen Planeten sind sehr klein. Nach den früher angeführten Messungen würden die Oberflächen der Ceres, Pallas, Juno und Vesta kaum die einiger Inseln auf unserer Erde übertreffen.

Auf den großen Planeten, wie Mars, Jupiter und Saturn, bemerkt man Spuren einer Atmosphäre; es sind aber blos Spuren, die nur mittelst der feinsten Beobachtungen nachgewiesen werden können; auf den teleskopischen Planeten scheinen sich dagegen die atmosphärischen Phänomene in großem Maaßstabe zu entwickeln.

Nach Schröter's Messungen würde die Atmosphäre der Ceres eine Höhe von nicht weniger als 138 Meilen haben; die der kleineren Pallas würde sich doch noch bis zu 96 Meilen erheben. Bis dahin hatten sich nur die Kometen mit so ausgedehnten Gashüllen gezeigt. Man hat daher, ist gesagt worden, nur die Annahme zu machen, daß der ehemalige große zwischen Mars und Jupiter befindlich gewesene Planet durch einen Kometen zertrümmert worden ist, und Alles findet seine Erklärung; denn die Kometenatmosphäre, die Nebelhülle, die wir Schweif nennen, kann durch den Stoß nicht vernichtet werden, sie wird sich unter die verschiedenen Bruchstücke vertheilen und um jedes derselben eine außerordentlich große Atmosphäre bilden. Diese Theorie ist scharfsinnig; unglücklicherweise tritt ihr aber ein Hauptfactum entgegen: Vesta hat bis jetzt noch nicht mit Bestimmtheit Spuren einer Atmosphäre dargeboten. Was ist der Grund, der diesen Planeten gänzlich des Antheils beraubt haben könnte, der ihm bei der Theilung der Kometenatmosphäre hätte zufallen sollen?

Sechsundzwanzigstes Buch.

Kosmiſche Meteore.

Erſtes Kapitel.

Vorwort.

Die kleinen Planeten, von denen das vorhergehende Buch handelt, weichen in Bezug auf ihre Dimenſionen gar ſehr von den übrigen großen Körpern des Sonnenſyſtems ab, indem einige ſelbſt eine geringere Ausdehnung haben, als manches der kleinen Königreiche Europa's. Der von mehreren Aſtronomen und Phyſikern ausgeſprochenen Anſicht, daß in den planetariſchen Räumen Himmelskörper von noch viel geringeren Dimenſionen exiſtiren, ſteht daher Nichts entgegen. Auch ſind in den letzten Jahren mit großer Wahrſcheinlichkeit mit den allgemeinen Geſetzen des Weltſyſtems gewiſſe Meteore in Beziehung gebracht worden, welche bereits das Alterthum viel beſchäftigt haben, und die man vergeblich theils durch eine Wirkung des Blitzes, theils durch Condenſationen von metalliſchen bis in die höchſten Schichten unſerer Atmoſphäre aufgeſtiegenen Dämpfen, theils durch Streifen entzündeten Waſſerſtoffs zu erklären verſucht hat. Die Meteorſteine oder Aerolithen, welche auf die Oberfläche der Erde fallen, die Feuerkugeln, welche einen merklichen Durchmeſſer zeigen, plötzlich erſcheinen und verſchwinden, die Sternſchnuppen, die einen feurigen Streifen ohne Breite am Sternhimmel bilden, ſind Nichts weiter als im Raume umherirrende Körper, denen unſere Erde auf ihrer jährlichen Bahn um die Sonne begegnet.

Zweites Kapitel.

Meteorſteine.

Von allen kosmiſchen Meteoren ereignet ſich das Herabfallen von Steinen auf die Oberfläche unſerer Erde am ſeltenſten. Zwar finden ſich ſchon bei den Geſchichtsſchreibern des Alterthums mehr oder weniger beſtimmte Erzählungen ſolcher Begebenheiten; indeß hat man lange Zeit geläugnet, daß wirklich Steine vom Himmel fallen könnten, und erſt Chladni's anhaltende Nachforſchungen haben durch zahlreiche Fälle das Vorhandenſein kleiner Maſſen, die bei ihrem Umherirren in den planetariſchen Räumen zu wiederholten Malen der Erde begegnet ſind, unbeſtreitbar nachgewieſen.

§ 1. Chemiſche Zuſammenſetzung der Meteorſteine.

Die chemiſche Analyſe hat durch die Darlegung ihrer Zuſammenſetzung ein neues Licht auf die Geſchichte der Meteorſteine geworfen. Es iſt bemerkenswerth, daß Howard, Klaproth, Thenard, Vauquelin, Prouſt, Berzelius, Stromeyer, Laugier, Dufrénoy, Guſtav und Heinrich Roſe, Bouſſingault, Berthier, Cordier, Barthold, Rammelsberg und Shepard bei ihren aufeinanderfolgenden Analyſen in den Meteorſteinen blos ſolche Subſtanzen gefunden haben, die wir auch an der Oberfläche der Erde kennen. Nach Rammelsberg ſind, wie mein berühmter Freund A. v. Humboldt in ſeinem Kosmos anführt, die einfachen, bis jetzt in den Meteorſteinen aufgefundenen Stoffe folgende: „Sauerſtoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenſtoff, Kieſel, Aluminium, Magneſium, Calcium, Kalium, Natrium, Eiſen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Kupfer, Zinn und Titan, alſo 18 Stoffe. Die näheren Beſtandtheile ſind: a) metalliſche: Nickeleiſen, eine Verbindung von Phosphor mit Eiſen und Nickel, Eiſen-Sulphuret und Magnetkies; b) orydirte: Magneteiſen und Chromeiſen; c) Silicate: Olivin, Anorthit, Labrador und Augit.“

Von den in den Meteorſteinen aufgefundenen Metallen hat Howard das Nickel, Stromeyer das Kobalt, Laugier das Kupfer und Chrom, und Berzelius das Zinn entdeckt.

Man ſieht, daß die Meteorſteine aus äußerſt mannichfachen Sub-

stanzen gebildet sind. Selbst wenn man ihrem Ansehen nach dieselben für Eisenmassen halten muß, bestehen sie doch nicht aus diesem Stoffe allein, sondern besitzen eine im Allgemeinen sehr complicirte Zusammensetzung.

Chladni, Bigot de Morogues, von Hoff, Käntz, Quetelet und einige Andere haben Verzeichnisse der seit den historischen Zeiten bekannten Steinfälle aufgestellt[1]).

Ich habe Herrn Barral beauftragt, diese Verzeichnisse soviel als möglich zu vervollständigen. Ein Fragezeichen (?) zeigt die Fälle an, welche man nicht als vollkommen sicher betrachten darf. Wir unterscheiden erstens das Herabfallen von Steinen, das vor Zeugen eingetreten ist (eigentliche Meteorsteine), zweitens das Niederfallen von Massen, die ihrem Ansehn nach als vom Himmel herabgefallen betrachtet werden müssen, und drittens endlich Staubfälle.

§2. Niederfälle von Meteorsteinen vor dem Anfange unserer Zeitrechnung.

?1478 vor unserer Zeitrechnung: der Donnerstein, von welchem Malchus redet, wahrscheinlich als Symbol der Cybele betrachtet. (Parische Marmorchronik Zeile 18 und 19.)

Der Steinregen, welchen Josua erwähnt, war vielleicht nur Hagel.

1460. „Gott sandte große Steine vom Himmel." (Conrad Lycosthenes, Prodigiorum ac ostentorum chronicon, Basil. 1557.)

1200. Zu Orchomenos aufbewahrte Steine (Pausanias IX, 38).

?1168. Eisenmasse auf dem Berge Ida in Kreta. (Parische Marmorchronik Z. 22.)

?705 oder 704. Das Ancyle, wahrscheinlich eine Eisenmasse, wie die vom Vorgebirge der guten Hoffnung und von Agram. (Plutarch, Numa 13.)

654. Steinregen auf dem Albanischen Berge. (Livius I. 30.)

644 (im Frühjahr). Fünf Steine in China in der Provinz Song. (De Guignes.)

465. Fall eines großen Steines bei Aegospotamos in Thracien (Plutarch im Leben des Lysander 22 und 23; Plin. hist. nat.

II, 58, und Andere). Ein Stein unweit Theben (Scholiast zu Pindar. Pyth. Od. 3, 137).

459. Es regnet Steine in Picenum (Mark von Ancona). (Lycosthenes.)

403. Steinfall als eine Vorbedeutung betrachtet. (Lycosthenes.)

343. Steinregen in Rom. (Julius Obsequens.)

211. Fall eines Steines in China. (De Guignes, und Histoire générale de la Chine, II. 402.)

Von 206 bis 205 sind feurige Steine herabgefallen. (Plutarch im Fab. Max. 2.)

200. Es regnet Steine. (Lycosthenes.)

192. Ein Stein in China. (De Guignes.)

176. Ein Stein in den See des Mars gefallen. (Livius 41, 3.)

90 oder 89. Lateribus coctis pluit. (Plin. hist. nat. II, 57, und Julius Obsequens c. 114.)

89. Zwei Steine zu Yong in China. (De Guignes.)

54 (56 od. 52?). Schwammiges Eisen in Lucanien. (Plin. II, 57.)

?46. Steine zu Acilla in Afrika. (Caes. bell. Afr. II, 57.)

38, 29, 22 im Frühjahr, 19, 12, 9, 6. Steinfälle in China. (De Guignes.)

§ 3. Meteorsteine, bei denen die Zeit des Falles sich nicht bestimmen läßt.

Das Bild der Göttermutter, herabgefallen in Pessinus.

Der Elagabal zu Emisa in Syrien.

Der zu Abydos in Kleinasien aufbewahrte Stein und der bei Cassandria in Macedonien gefallene. (Plin. II, 58.)

Der schwarze Stein und noch ein anderer in der Caaba zu Mekka.

Der in dem Krönungsstuhle der Könige von England aufbewahrte Stein ist kein Meteorstein, wie man geglaubt hat.

§ 4. Niederfälle von Meteorsteinen nach dem Anfange unserer Zeitrechnung.

In den Jahren 2, 106, 164, 310 und 333 fielen Steine in China. (Abel Rémusat, Journ. de phys. Mai 1819.)

Der angeblich 416 zu Constantinopel vom Himmel gefallene Stein, den Sethus Calvisius in seinem Op. Chronolog. erwähnt, war nur ein von der Säule Constantins herabgefallener Stein, der durch seinen Fall das Pflaster beschädigt hatte.

..... Ein Stein in Vocontiorum agro. (Plin. II, 58.)

452. Drei große Steine in Thracien. (Cedrenus und Ammianus Marcellinus.)

6. Jahrhundert. Steine auf dem Berge Libanus und zu Emessa in Syrien. (Damascius.)

?570 ungefähr. Steine bei Beder in Arabien. (Koran 8, 16; 105, 3 und 4, und die Commentatoren.)

616. Steine in China. (Abel Rémusat.)

?648. Glühender Stein zu Constantinopel. (Einige Chroniken.)

823. Fall von Steinen zu Frihsazi in Sachsen. (Annales Fuldenses.)

?837. Man versichert, daß große Steine gemengt mit Hagel vom Himmel gefallen sind. (Lycosthenes.)

?839. Steine in Japan. (Abel Rémusat.)

852 im Juli oder August. Ein in Tabaristan gefallener Stein. (De Sacy; Quatremère; Gilb. Ann. 50, 293.)

856 im December. Fünf Steine in Egypten. (Ebendaselbst.)

885. Steine in Japan. (Abel Rémusat.)

897. Im Dorfe Ahmed-Abad unweit der Stadt Kusah Fall von Steinen (Quatremère); nach Chron. syriac. soll er sich 892 ereignet haben.

921. Große Steine zu Narni. (Handschriftliche Chronik in der Fürstl. Chigi'schen Bibliothek zu Rom vom Mönch Benedictus de St. Andrea.)

951. Ein Stein bei Augsburg. (Chronik von Albertus Abb. Stadensis und Andern.)

956. „Ein Stein von außerordentlicher Größe wurde vom Himmel auf die Erde geworfen." (Lycosthenes.)

963. Auch in diesen Gegenden (Italiens) fiel ein großer Stein vom Himmel." (Derselbe.)

965 bis 971 unter Papſt Johann XIII. fiel ein Stein in Italien. (Platina.)

998. Steine bei Magdeburg. (Comas und Spangenberg.)

1009 oder bald nachher. Eiſenmaſſe in Dſchordſchan. (Avicenna.)

1021 zwiſchen 24. Juli und 21. Auguſt. Steine in Afrika. (De Sacy.)

?1057. „Steine von einer erſtaunlichen Größe fielen mit dem Hagel.“ (Dom Bouquet, XI, 22.)

1057. Ein Stein in Corea. (Abel Rémuſat.)

1093, 4. April. „Man ſah beim Anbruch der Morgenröthe eine große Zahl Sterne vom Himmel auf die Erde fallen, und ein ſehr großer von ihnen wurde ſogar auf dem Erdboden gefunden.“ (Chasles.)

1112. Steine oder Eiſen bei Aquileja. (Valvaſor.)

1135 oder 1136. Ein Stein bei Oldisleben in Thüringen. (Spangenberg, Mansfeldiſche Chronik.)

1164. Am Pfingſtfeſte iſt Eiſen im Meißniſchen niedergefallen. (Georg. Fabricius.)

1186, 8. Juli. Steinfall in Mons. (Quetelet.)

?1194. Steine fielen mit dem Regen vom Himmel (Lycoſth.); und ebenſo ?1197.

1198, 8. Juni. Steinfall in der Umgegend von Chelles bei Paris. (Sauval.)

1198. Um das Johannisfeſt (24. Juni) fielen Steine von erſtaunlicher Größe vom Himmel. (Lycoſth.)

1198, Juli. Man ſah Steine vom Himmel fallen, von der Größe wie große Nüſſe, an gewiſſen Orten wie Eier und, wie verſichert wird, ſelbſt noch größer. (Recueil des Historiens des Gaules.)

1249, 26. Juli. Steine bei Quedlinburg, Ballenſtedt und Blankenburg. (Spangenberg, Mansfeld. Chron., und Rivander, thüringiſche Chronik.)

?13. Jahrhundert. Ein Stein in Würzburg. (G. Schott.)

Zwiſchen 1251 und 1363. Steine bei Welikoi-Uſtiug in Rußland. (Gilb. Ann. 31.)

?1280. Stein bei Alexandria in Egypten. (De Sacy.)

1300 ungefähr. Große Steine in Aragonien, nach einer handſchriftlichen Chronik im peſther Nationalmuſeum, welche die Fortſetzung des Martinus Polonus bildet.

1304, 1. October. Fall von glühenden Steinen oder Eiſenmaſſen nach Kranz (Saronia) in der Mark Brandenburg bei der Stadt Bredeland, oder nach Spangenberg bei Friedeburg an der Saale.

1328, 9. Jan. Steinfall in Mortahiah und Dakhaliah. (Quatremère.)

1358. Ein Stein in China. (Eduard Biot.)

?1368. Eine Eiſenmaſſe im Oldenburgiſchen. (Siebrand Meyer, Auſtringiſche Merkwürdigkeiten.)

1379, 26. Mai. Steinfall bei Minden in Hannover. (Lerbecii Chronic. episc. Hildesh.)

1421. Fall eines Steines auf der Inſel Java. (Thomas Stamford Raffles, History of Java, II, 137.)

1438. Schwammige Steine zu Roa unweit Burgos in Spanien. (Prouſt.)

1474. Zwei große Steine bei Viterbo. (Bibliotheca ital. 19, 461.)

1491, 22. März. Stein bei Rivolti de' Baſſi, nicht weit von Crema. (Simoneta.)

1492, 7. Nov. fiel ein 270 Pfund ſchwerer Stein bei Enſisheim im Ober-Elſaß. (Gilb. Ann. 18, 280.)

1496, 26. oder 28. Januar. Steine zwiſchen Ceſena und Bertinoro, ingleichen zu Badinoe in der Gegend von Forli. (Marc. Antonius Sabellicus und Buriel.)

? In demſelben Jahrhundert. Ein Stein bei Luzern. (Chſat.)

1511, um die Mitte des September. Großer Steinfall bei Crema nicht weit vom Fluſſe Adda. (Giovanni Andrea del Prato, Istor. di Milano.)

1516. In China ſechs Steine. (Abel Rémuſat.)

1520, im Mai. Steine in Aragon. (Diego de Sayas, Anales de Aragon.)

?1528. Große Steine bei Augsburg. (Dreſſer, Chron. Sax.)

? 1540, 28. April. Steine im Limouſin. (Bonaventure de St. Aimable, Annal. du Limousin.)

1540, 14. Juni. Vier Steine in China. (Ed. Biot.)

Zwiſchen 1540 bis 1550. Große Eiſenmaſſe im Walde bei Naunhof zwiſchen Leipzig und Grimma. (Albini, Meißniſche Bergchronik.) — Um dieſelbe Zeit iſt Eiſen in Piemont niedergefallen. (Mercati und Scaliger.)

1552, 19. Mai. Viele Steine in der Gegend von Schleuſingen. (Spangenberg.)

1559. Fünf große Steine zu Miſcolz in Ungarn. (Isthuanfii Hist. Hung.)

1561, 17. Mai. Bei Torgau (C. Geßner, de fossilibus) und bei Eilenburg (de Boot, gemmarum et lapidum historia).

1564, 1. März. Steinregen zwiſchen Mecheln und Brüſſel. (Gilb. Ann. 22.)

1565, 3. Juli. Schwarze Steine in China. (Ed. Biot.)

1580, 27. Mai. Steinfall in Nörten bei Göttingen. (Bangen's thüringiſche Chronik.)

1581, 26. Juli. Ein Stein zu Niederreißen bei Buttelſtädt. (Binhard, thüringiſche Chronik.)

1583, 9. Januar. Ein großer Stein bei Caſtrovillari in Abruzzo. (Tomaso Costo, Istoria di Napoli; Mercati, metallotheca Vaticana, und Imperati, de fossilibus.)

1583, 2. März. Stein in Piemont. (Mercati.)

1585. Fall von Steinen in Italien. (Imperati.)

1591, 9. Juni. Fall von großen Steinen bei Kunersdorf. (Angelus.)

1596, 1. März. Steine bei Crevalcore im Bezirke von Ferrara. (Mittarelli, Bibliotheca cod. manusc. monast. St. Michael.)

Vor 1603. Ein Stein im Königreich Valencia. (Cäſius und die Jeſuiten in Coimbra.)

1618, in der zweiten Hälfte des Auguſt. Großer Steinfall in Steyermark. (v. Hammer, Fundgruben des Orients.)

1618, 12. November. Ein Stein in China. (Ed. Biot.)

1618. Eine metalliſche Maſſe in Böhmen. (Marcus Marci a Kronland, philosophia vetus restituta.)

1621, 17. April. Eiſenmaſſe bei Lahore. (Gilb. Ann. 18.)

1622, 10. Januar. Stein unweit Tregnie in Devonſhire. (Rumph, Amboinſche Raritetkammer.)

1628, 9. April. Stein bei Hatford in Berkſhire. (Gentl. Magaz. von 1796.)

1634, 27. October. Steine in der Grafſchaft Charollois im Herzogthum Burgund. (Morinus, diss. de atomis et vacuo.)

1635, 21. Juni. Zu Vago in Italien. (Francesco Carli.)

?1635, 7. Juli. Stein zu Calce im Vicentiniſchen. (Valisnieri, Opere II, 64.)

1636, 6. März. Ein Stein zwiſchen Sagan und dem Dorfe Lubrow in Schleſien. (Lucas, ſchleſ. Chron., und Cluverii Geogr.)

1637, 27. November. Ein Stein auf dem Berge Vaiſien in der Provence. (Gaſſendi; mit Unrecht verlegen einige Schriftſteller die Begebenheit auf 1627.)

1642, 4. Auguſt. Ein Stein zwiſchen Woodbridge und Alborow in Suffolk. (Gentl. Magaz. von 1796.)

?1643 oder 1644. Steinfall auf dem oſtindiſchen Meere. (Wurfbain in der Beſchreibung ſeiner Reiſe nach Indien.)

1647, 18. Februar. Ein Stein im Dorfe Pölau bei Zwickau. (Schmid, zwickauer Chronik.)

1647, im Auguſt. Steinfall bei Stolzenau in Weſtphalen. (Gilb. Ann. 29.)

Zwiſchen 1647 und 1654. Eine auf offenem Meere herabfallende Eiſenmaſſe tödtet zwei Menſchen. (Wilmann.)

1650, 6. Auguſt. Ein Stein zu Dordrecht. (Senguerd.)

1654, 30. März. Viele Steine auf der Inſel Fünen. (Thomas Bartholinus.)

.... Zu Warſchau ein großer Stein. (Pet. Borellus.)

.... Zu Mailand fiel ein kleiner Stein in das Kloſter Sta. Maria della Pace und tödtete einen Franziskaner. (Muſeum Septalianum.)

?1667. Steine zu Schiras in Perſien.

1668, 19. oder 21. Juni. Großer Steinfall im Veroneſiſchen. (Valisnieri, Montanari, Fr. Carli.)

1671, 27. Februar. Steine in der Ortenau in Schwaben. (Gilb. Ann. 33.)

1674, 6. October. Zwei große Steine im Canton Glarus. (Scheuchzer.)

? Zwiſchen 1675 und 1677. Stein bei Copinſha, einer der orkadiſchen Inſeln. (Wallace, account of the Island of Orkney.)

1677, 28. Mai. Steine bei Ermendorf unweit Großenhayn in Sachſen, die wahrſcheinlich kupferhaltig geweſen ſind. (Miscell. Nat. Curios. anno 1677.)

1680, 18. Mai. Steine bei dem Gresham Collegium in London. (King.)

? 1690, 2. Januar. Steinfall in Jena.

1697, 13. Januar. Steinfall bei Siena. (Soldani in Atti dell' Acad. di Siena nach Gabrieli.)

1698, 19. Mai. Ein Stein in der Gemeinde Waltring im Canton Bern. (Scheuchzer, Naturgeſchichte der Schweiz.)

1704, 25. December. Steinfall bei Barcelona. (Anales de Cataluna 1709.)

1706, 7. Juni. Steine bei Lariſſa in Griechenland. (Paul Lucas.)

1715, 11. April. Stein bei Gartz oder Stargardt in Pommern. (Gilb. Ann. 71.)

1722, 5. Juni. Steine bei dem Kloſter Schefftlar im Freiſingiſchen. (Meichelbeck, hist. Frisingens.)

1723, 22. Juni. Fall von 33 Steinen in der Gegend von Pleskowitz in Böhmen; bei Liboſchitz fielen 25. (Stepling, de pluvia lapidea.)

Das angebliche Herabfallen von Metall im Jahre 1731 (Mém. de l'Acad. des Sc.) zu Leſſay in der Normandie war nur eine elektriſche Phosphorescenz von Regentropfen, denn Dom Halley ſagt nicht: Es fielen Tropfen von geſchmolzenen und glühenden Metallen, ſondern es fiel wie Tropfen u. ſ. w.

1731, 12. März. Fall eines großen Steines zu Halſtead in der Grafſchaft Eſſex in England. (Kämtz.)

1738, 18. October. Steinregen in der Grafſchaft Avignon, bei Carpentras. (Castillon, des dernières révol. du Globe.)

1740, 25. October. Steine zu Rasgrad in der Türkei. (Gilb. Ann. 50.)

?1740 oder 1741 im Winter. Sehr großer Stein in Grönland. (Egede, Nachrichten v. Grönl.)

?1743. Steine bei Lowoſitz oder Liboſchitz in Böhmen. (Stepling.) Vielleicht dieſelben, die im Jahre 1723 erwähnt ſind.

1750, 1. October. Stein zu Nicorps bei Coutances in der Normandie. (Huard, Mercure de France, Jan. 1751.)

1751, 26. Mai. Zwei Eiſenmaſſen bei Hradſchina im agramer Comitate in Croatien. (Klaproth, Beiträge.)

1753, 3. Juli. Steinfall bei den Dörfern Strkow, Plan in der Gegend von Tabor in Böhmen. (Stepling und Mayer.)

1753, im September. Zwei Steine bei Laponas, nicht weit von Pont de Veſle (Departement Ain). (Gilb. Ann. 13.)

1755, im Juli. Stein bei Terranova in Italien. (Gilb. Ann. 6.)

?1759, 13. Juni. Fall eines Steines zu Captieux, in der Nähe von Bazas (Dep. Gironde.)

1766, im Juli. Stein bei Alboreto, nicht weit von Modena. (Troili, Ragionamento delle caduto di un sasso, Modena 1766.)

?1766, 15. Auguſt. Stein zu Novellara. (Troili.) Vielleicht ein durch den Blitz geſchmolzener Stein.

1768, 13. September. Ein Meteorſtein bei Lucé (Dep. Sarthe.) (Mém. de l'Acad. des Sc. 1769.)

1768. Ein Stein bei Aire (Dep. Pas de Calais). (Ebenda.)

1768, 20. November. Stein bei Maurkirchen im Innviertel. (Gilb. Ann. 15.)

1773, 17. November. Stein bei Sana in Aragonien. (Proust, Journ. de phys.)

1775, 19. September. Stein bei Rodach, im Herzogthum Coburg. (Gilb. Ann. 23.)

1775 oder 1776. Steine bei Obruteza in Volhynien. (Gilb. Ann. 31.)

1776 oder 1777, im Januar oder Februar. Steinfall bei Fabbriano, im ehemaligen Herzogthume Camerino. (Soldani, und Amoretti, Opusc. scelt.)

1779. Steinfall bei Pettiswood in der Grafschaft Westmeath in Irland. (Gentl. Magaz. von 1796.)

1780, 11. April. Steinfall bei Beeston in England. (Lloyd's Evening Post.)

1780 ungefähr. Eisenmassen in dem Territorium von Kinsdale, zwischen West River Mountain und Connecticut. (Quarterly Review. 1824.)

1782. Stein bei Turin. (Tata und Amoretti.)

1785, 19. Februar. Steine im Eichstädtischen. (Pickel in Moll's Annalen III. und Stütz, Bergbaukunde II.)

1787, 1. October. Steine im Gouvernement Charkow. (Gilb. Ann. 31.)

1788, 13. Juli. Mehrere Steine in Frankreich. (King, Remarks conc. stones etc., 1796.)

1790, 24. Juli. Großer Steinfall bei Barbotan, Créon, Juillac, zwischen Roquefort im Dep. des Landes, Mezin im Dep. des Lot und Garonne, und Causse im Dep. du Gers. (Gilb. Ann. 13.)

1791, 17. Mai. Steine bei Castel-Berardenga in Toscana. (Soldani.)

1791, 20. October. Steine bei Menabilly in Cornwallis. (King.)

1794, 16. Juni. Steinfall in der Umgegend von Siena (Toscana). (Soldani, Tata.)

1795, 13. April. Steinfall auf Ceylon. (Le Beck im 29. Hefte des Naturforschers.)

1795, 13. December. Großer Stein bei Woldcottage in Yorkshire. (Analyse von Howard.)

1796, 4. Januar. Steinfall bei Belaja-Zerkwa (Weißkirchen) im südlichen Rußland. (Gilb. Ann. 35.)

1796, 19. Februar. Stein in Portugal. (Southey.)

1798, 8. oder 12. März. Stein bei Sales, unweit Villefranche (Dep. Rhone). (De Drée, Bibl. Brit.)

1798. 13. December. Steine in Bengalen bei Krakhut nicht weit von Benares. (Howard, Lord Valentia.)

1800, 1. April. Steinfall bei Bumſtead in Eſſex. (Kämtz.)

1801. Steinfall auf der Ile des Tonneliers (neben Ile de France). (Bory de St. Vincent, Voyage etc.)

1802, im September. Steine in Schottland am Loch Tay. (Monthly magaz. 1802.)

1803, 26. April. Steine in der Umgegend von Aigle (Dep. Orne). (Biot.)

1803, 4. Juli. Steinfall zu Eaſt-Norton in England. (Philos. mag. und Bibl. Brit.)

1803, 8. October. Ein Stein bei Saurette nicht weit von Apt (Dep. Vaucluſe.) (Laugier.)

1803, 13. December. Ein Stein beim Marktflecken Mäſſing im Landgerichte Eggenfelde in Baiern. (Imhof.)

1804, 5. April. Ein Stein bei Glasgow in Schottland. (Phil. Mag. und Bibl. Brit.)

Zwiſchen 1804 und 1807. Zu Dordrecht. (Van Beek Calkoen.)

1805, 25. März. Steine bei Doroninsk im Gouvernement Irkutsk. (Gilb. Ann. 29 und 31.)

1805 im Juni. Fall von Steinen zu Conſtantinopel. (Hair Eugas Indſchidſchan.)

1806, 15. März. Fall zweier Meteorſteine, der eine bei St. Etienne de Lolm, der andere bei Valence, zweien Dörfern in der Nähe von Alais (Dep. Gard). (Pagès und d'Hombre Firmas, Annal. de phys.)

1806. 17. Mai. Stein bei Baſingſtoke in Hampſhire. (Monthl. magaz.)

1807, 13. März. Stein bei Timochin im Gouvernement Smolensk. (Gilb. Ann. 26 und 29.)

1807, 14. Dec. Steine bei Weſton in Connecticut. (Silliman.)

1808, 19. April. Steinfall im Bezirke von Borgo San Donino im Parmeſaniſchen. (Guidotti und Sgagnoni.)

1808, 22. Mai. Steinfall bei Stannern in Mähren. (v. Schreibers, Gilb. Ann. 29.)

1808, 3. September. Steinfall bei Liſſa in Böhmen im bunzlauer Kreiſe. (v. Schreibers.)

?1809, 17. Juni. Steinfall auf dem Meere, nahe bei Nordamerika. (Medical Reposit. und Bibl. Brit.)

1810, 30. Januar. Steine zu Caswell in Nordamerika. (Phil. Mag. und Med. Reposit.)

1810, in der Nacht vom 20. zum 21. April. Fall einer ungeheuren Maſſe Meteoreiſen bei Santa Roſa (Neu-Granada). (Bouſſingault.)

1810, um Mitte Juli. Stein nicht weit von Shabad in Oſtindien; das Meteor richtete viel Schaden an. (Phil. Mag. 37.)

1810 im Auguſt. Ein Stein bei Mooresfort in der Grafſchaft Tipperary in Irland. (Will. Higgins, Analysis of the meteor. stone etc.)

1810, 23. November. Steine bei Charſonville bei Orleans. (Bigot de Morogues.)

1811, 13. März. Ein Stein im Gouvernement Poltawa in Rußland. (Gilb. Ann. 38.)

1811, 8. Juli. Steine bei Berlanguillas unweit Burgos in Spanien. (General Dorſenne, Gilb. Ann. 40.)

1812, 10. April. Viele Steine bei Toulouſe. (De Puymaurin, Gilb. Ann. 41.)

1812, 15. April. Stein bei Errleben zwiſchen Magdeburg und Helmſtädt. (Gilb. Ann. 40.)

1812, 5. Auguſt. Großer Stein bei Chantonay (Vendée). (Brochant.)

1813, 14. März. Steine bei Cutro in Calabrien, während in mehreren Gegenden Italiens ſich rother Staub mit oder ohne Regen oder Schnee niederſchlug. (De Pourtalez, Bibl. Brit.)

?1813 im Sommer. Viele Steine bei Malpas, nicht weit von Cheſter. (Thomson, Ann. of Phil. 1813.) Dieſe Nachricht iſt nicht ganz zuverläſſig, da ſie anonym iſt und ſonſt von den engliſchen Phyſikern Nichts weiter darüber bekannt gemacht worden.

1813, 10. September. Steine bei Limerik in Irland. (Phil. Mag. und Gentl. Mag.)

1813, 13. December nach Nordenskiold (Ann. de Chim. 25), oder 1814 im März nach einem an die petersburger Akademie gelangten Berichte. Steine in der Umgegend von Lontalax und Sawitaipal, nicht weit von Wiborg in Finland; sie enthalten kein Nickel.

.... Murray erwähnt in dem Phil. Mag. 1819 eines bei Pulrose auf der Insel Man gefallenen Steines, jedoch ohne genaue Zeitangabe. Er sagt, die Thatsache sei gewiß, und der Stein äußerst leicht und von schlackenartigem Gefüge, in welcher Hinsicht er ihn mit den 1438 in Spanien gefallenen Meteorsteinen vergleicht.

1814, 3. Februar. Stein im Districte von Bachmut im Ekaterinoslaw'schen Gouvernement. (Gilb. Ann. 50.)

1814, 5. September. Viele Steine bei Agen (Dep. Lot-et-Garonne). (Ann. de Chim. 92.)

1814, 5. November. Steinfall in Doab in Ostindien. (Phil. Mag., Bibl. Brit., Journ. of sciences.)

1815, 18. Februar. Stein beim Dorfe Duralla in Ostindien. (Phil. Mag. 1820.)

1815, 3. October. Meteorstein bei Chassigny (südostwärts von Langres in Champagne). (Ann. de Chim. 1816.)

1816. Stein zu Glastonbury in Sommersetshire. (Phil. Mag. 1816.)

1816 Meteorstein zu Confolens (Dep. Aude). (Franc. pittor., I.)

?1817 in der Nacht zwischen 2. und 3. März. Zu Gothenburg und Odensen in Fünen sah man eine Art Feuerregen im SO. schnell herabstürzen; allem Ansehn nach müssen Meteorsteine in die Ostsee gefallen sein.

?1818, 15. Febr. Ein großer Stein scheint in Limoges in einem südlich von der Stadt gelegenen Garten gefallen zu sein. Nach der Explosion einer großen Feuerkugel schlug eine herabfallende Masse in die Erde eine Vertiefung von der Größe eines beträchtlichen Fasses. (Gazette de France und Journal du Commerce, 25. Februar 1818.)

Man hätte ſollen (und es wäre noch an der Zeit) die Maſſe ausgraben.

1818, 30. März. Ein Stein bei Zaborzyca in Volhynien, den Laugier analyſirt hat. (Bullet. de la Soc. philom. 1823.)

1818, 10. Auguſt. Ein Stein im Dorfe Slobodka im Gouvernement Smolensk. (Nach mehreren Zeitungen.)

1818, 6. September. Meteorſtein im Kirchſpiel Kilkel. (Kämtz.)

1819, 13. Juni. Steine bei Jonzac (Dep. der untern Charente); nicht nickelhaltig. (Gilb. Ann. 68.)

1819, 13. October. Meteorſtein bei Politz nicht weit von Gera oder Köſtritz. (Gilb. Ann. 63.)

1820, in der Nacht vom 21. zum 22. Mai. Steinfall zu Oedenburg in Ungarn. (Hesperus Bd. 27.)

1820, 12. Juli. Steinfall in der Nähe von Lirna, im Dünaburg'ſchen Kreiſe in Kurland. (Theod. v. Grotthuß, Gilb. Ann. 67.)

1820, 29. November. Viele Steine in der Umgegend von Coſenza in Calabrien. (Capocci, Compt. rend. de l'Acad. des Sc. XI.)

1821, 15. Juni. Steine bei Juvénas, 2 Meilen von Aubénas (Dep. Ardèche). Sie enthalten kein Nickel. (Ann. de chim. et de phys., Sér. 2, T. 17.)

1822, 3. Juni. Meteorſtein zu Angers. (Ebend. T. 20.)

1822, 10. September. Steinfall bei Carlſtadt in Schweden.

1822, 13. September. Meteorſteinfall bei la Baſſe, 1 Meile von Epinal (Dep. Vogeſen). (Ann. de chim. et de phys., Sér. 2, T. 17.)

1822, im November. Steinfall zu Futtehpore in Hindoſtan. (Jahrbuch der Chem. und Phyſ. 23.)

1823, 7. Auguſt. Bei Nobleborough in Maine in Nordamerika. (Silliman's Amer. Journ. 7.)

1824, 13. oder 15. Januar. Viele Steine bei Arenazzo im Bologneſiſchen. Einer derſelben wog 12 Pfund und wird auf der Sternwarte in Bologna aufbewahrt. (Diario di Roma.)

1824, 18. Februar. Großer Stein in dem Gouvernement Irkutzk. (Nach Zeitungsberichten.)

1824, 14. October. Steinfall bei Zebrak im berauner Kreiſe

in Böhmen. Der Stein wird im böhmischen Nationalmuseum aufbewahrt. (Neumann.)

1825, 16. Jan. Stein zu Malwate im westlichen Theile von Hindostan.

1825, 10. Februar. Steinfall zu Nangimoy in Maryland.

?1825, 12. Mai. Eisenmasse zu Bayden in Wiltshire in England.

1825, 14. September. Steinfall auf den Sandwichsinseln.

1826, 15. März. Steinfall in der Gegend von Lugano.

1826, 19. Mai. Steinfall im District von Paulograd im Gouvernement Ekaterinoslaw.

?1826, im August soll auf dem Berge Galapian (Dep. Lot-et-Garonne) während eines Gewitters ein großer Meteorstein gefallen sein.

1827, 27. Februar. Steinfall bei dem Dorfe Mhow im Districte Azimo-Gesh in Hindostan.

1827, 9. Mai. Steinfall zu Drak-Creek im Staate Teneffee in Nordamerika.

?1827 im August soll in China in der Provinz Kuld-Schu ein sehr großer Stein gefallen sein.

1827, 5. oder 8. October. Steinfall bei dem Dorfe Kuasti-Knasti zwei Stunden von Bialystock.

1828, 4. Juni. Steinfall bei Richmond in Virginien.

1829, 8. Mai. Steinfall bei Forsyth in Georgien in Nordamerika.

1829, 14. August. Steinfall bei Deal in Neu-Jersey in Nordamerika.

1829, 9. September. Steinfall in Krasnyi-Ugol im Gouvernement Riäsan.

1829, 19. November. Fall einer Masse in Prag.

1831, 18. Juli. Fall eines Meteorsteins zu Vouillé im Dep. de la Vienne.

1831, 9. September. Steinfall bei Wessely im hradischer Kreise in Mähren.

1831, December. Steinfall in Mähren. (Plieninger.)

1833, 16. Juli. Steinfall bei dem Dorfe Rachratſchinsk im Gouvernement Tobolsk.

1833, 25. November. Steinfall bei Blansko in Mähren.

1834, April. Steinregen in der Stadt Kandahar (Afghaniſtan).

1835, 13. November. Meteorſtein in dem Arrondiſſement von Belley (Dep. Ain). (Compt. rend. de l'Acad. des Sc. I.)

1836, 11. December. Großer Steinfall bei dem Dorfe Macao am Rio Aſſu (Braſilien). (Compt. rend. V.)

1837, Auguſt. Fall eines Steines bei Esnande (Dep. der untern Charente).

1839, 13. Februar. Meteorſteinfall bei Little Piney (Miſſouri). (Silliman, Amer. Journ.)

1839, 29. November. Muthmaßlicher Aerolithenfall in Italien. (Capocci.)

1840, 17. Juli. Fall eines großen Steines auf dem Gebiete von Ceresetto in der Provinz Caſal Montferrat in Piemont.

1841, 12. Juni. Meteorſteinfall in der Gemeinde Triguères in der Umgegend von Chateau-Renard (Dep. Loiret). (Compt. rend. XII.)

1841, 17. Juli. Aerolith im Mailändiſchen. (Quetelet.)

1842, 5. December. Fall eines Aerolithen in der Umgegend von Langres. (Compt. rend. XV.)

1843, 2. Juni. Fall zweier Meteorſteine zu Blaauwo-Kapel bei Utrecht. (Pogg. Ann. 59.)

1843, 16. September. Meteorſteinfall zu Klein-Wenden im ſüdlichen Theile des Wipperthales im Kreiſe Nordhauſen. (Sitzungsber. der Berl. Acad. 1844.)

1844, 21. October. Fall eines Meteorſteines in der Umgegend von Leſſac (Dep. Charente). (Compt. rend. XIX.)

1847, 14. Juli. Fall eines großen Meteorſteins zu Braunau in Böhmen. (Pogg. Ann. 72.)

Das Herabfallen von Meteorſteinen iſt ſehr häufig mit gewaltigen Exploſionen verbunden; indeß darf man daraus nicht ſchließen, daß jedes Meteor, welches vor ſeinem Verſchwinden heftige Detonationen erzeugt, ein wirklicher Meteorſtein iſt. Ich halte daher mit

Chladni nur ſolche Meteorſteinfälle für gewiß, von denen man die Bruchſtücke hat auffinden können, und verwerfe alle diejenigen von verſchiedenen Schriftſtellern berichteten Fälle von feurigen Kugeln, die in der Atmoſphäre mit großem Geräuſche zerſprungen ſind, wo man aber keinen Stein entdeckt hat, welcher die charakteriſtiſchen Merkmale eines Aerolithen beſaß. Das Werk von Ma-tuan-lin, eines chineſiſchen Schriftſtellers aus dem 13. Jahrhundert, das von Abel Rémuſat ins Franzöſiſche überſetzt worden iſt, würde z. B. 96 derartige Fälle dargeboten haben. Wie Rémuſat berichtet, zeichnen die Chineſen und Japaner alle auf das Erſcheinen dieſer ſonderbaren Phänomene bezüglichen Umſtände ſehr ſorgfältig auf. Sie hatten bemerkt, daß die Steine bisweilen bei völlig heiterem Himmel herabfallen. Sie verglichen die Detonationen, die ſie erzeugen, mit denen des Donners, mit dem Gekrach einer einſtürzenden Mauer, mit dem Brüllen eines Stieres, und das ihr Herabſtürzen begleitende Pfeifen mit dem Geräuſche des Flügelſchlages der wilden Gänſe, oder eines Zeuges, das zerriſſen wird. Nach ihnen ſind die Steine in dem Augenblicke, wo ſie den Boden erreichen, ſtets glühend; ihre Oberfläche ſieht ſchwarz aus; einige klingen beim Anſchlagen wie metalliſche Subſtanzen. Der Name, den ſie ihnen beilegen, bedeutet: Fallende Sterne, die in Steine verwandelt ſind.

Die Chineſen glaubten, daß das Erſcheinen der Aerolithen mit andern gleichzeitigen Ereigniſſen zuſammenhinge, und dies war der Grund, weshalb ſie Verzeichniſſe von denſelben anlegten. Ich weiß übrigens nicht, ob wir großes Recht haben würden, über dieſes Vorurtheil zu lächeln. Waren die europäiſchen Gelehrten weiſer, als ſie im Widerſpruche mit den Thatſachen behaupteten, daß es aus der Atmoſphäre herabfallende Steine unmöglich geben könne? Erklärte nicht die pariſer Akademie der Wiſſenſchaften im Jahre 1769, daß der im Momente ſeines Falles in der Nähe von Luce aufgehobene Stein, den mehrere Perſonen mit den Augen bis zu dem Punkte, wo er den Boden traf, verfolgt hatten, nicht vom Himmel gefallen ſei; wurde nicht das von der Municipalität von Juliac aufgenommene Protokoll, welches ausſagte, daß am 24. Juli 1790 (ſ. S. 164) auf die Felder, Dächer und Straßen des Dorfes eine große Menge Steine herabge-

fallen wären, in den damaligen Zeitungen wie eine lächerliche Erzählung behandelt, die das Mitleid nicht blos bei Gelehrten, sondern bei allen Vernünftigen erregen müßte? Die Physiker, welche nur solche Thatsachen zugeben wollen, von denen sie eine Erklärung ahnen, schaden dem Fortschritte der Wissenschaft sicherlich mehr als diejenigen Leute, denen der Vorwurf einer zu großen Leichtgläubigkeit gemacht werden kann.

§ 5. Gediegeneisenmassen, die als meteorisch angesehen werden können.

Eisenmassen von wahrscheinlich meteorischem Ursprunge unterscheiden sich durch die Gegenwart von Nickel, durch ihr Gefüge, durch ihre Hämmerbarkeit und durch ihr isolirtes Vorkommen.

Einige dieser Massen sind schwammig oder zellig; die Höhlungen sind durch eine dem Peridot ähnliche steinige Substanz ausgefüllt. Zu ihnen gehören:

Die von Pallas in Sibirien gefundene Eisenmasse, deren meteorischen Ursprung die Tataren kannten.

Ein zwischen Eibenstock und Johanngeorgenstadt gefundenes Stück gediegen Eisen.

? Ein im kaiserlichen Naturalien-Cabinete zu Wien befindliches Stück ästiges Eisen, angeblich aus Norwegen.

Ein Stück zackiges Eisen, etliche Pfund schwer, im herzoglichen Naturalien-Cabinete zu Gotha.

Andere Massen sind derb. Das Eisen besteht alsdann aus Rhomboedern oder Octaedern, die aus parallelen Schichten oder Blättern gebildet sind. Der einzige vollständig bekannte Fall einer derartigen Masse ist der 1751 bei Agram (s. S. 163) vorgekommene.

Einige andere ähnliche Massen sind gefunden worden:

Nicht weit vom rechten Ufer des Senegal. (Compagnon, Forster, Goldberg.)

Am Kap der guten Hoffnung. (Van Marum, v. Dankelmann.)

In Mexico an verschiedenen Orten. (Sonneschmidt, v. Humboldt.)

In Braſilien in der Provinz Bahia. (Wollaſton und Mornay.)

Im Bezirke von Santiago bei Eſtero in dem La-Plata-Staat Santiago. (Rubin de Celis.)

Bei Elbogen in Böhmen. (Gilb. Ann. 42 und 44.)

Bei Lenarto im ſaroſſer Comitate in Ungarn. (Gilb. Ann. 49.)

In der Nähe des Red River. Die Maſſe wurde von New-Orleans nach New-York geſchickt. (Amer. Miner. Journ. I.) Oberſt Gibs hat ſie analyſirt und Nickel gefunden. Es exiſtiren noch andere ähnliche Maſſen in jener Gegend nach The Minerva von New-York 1824.

In der Umgegend von Bitburg in der Eifel, nördlich von Trier, eine Maſſe, die 3200 Pfund wog; ſie enthielt Nickel. Die von Oberſt Gibs gemachte Analyſe findet ſich in Americ. Mineral. Journ. I.

Maſſen bei Brahim in Polen, die nach Laugier's Analyſen Nickel und etwas Kobalt enthalten.

Eine Eiſenmaſſe in der Nähe der Salinen von Zipaquira in der Republik Neu-Granada. (Boussingault und Mariano de Rivero, Ann. de chim. et de phys. 25.)

Zwei Maſſen in einer Sowallik genannten Gegend an der nördlichen Küſte der Baffinsbai, nach Cap. Roß; die eine erſcheint dicht, die andere iſt ſteinig und mit Eiſenſtücken gemengt, woraus die Eingebornen ihre Waffen fertigen.

Vielleicht gehört in dieſe Klaſſe auch eine große Eiſenmaſſe von ungefähr 40 Fuß Höhe im öſtlichen Aſien an der Quelle des gelben Fluſſes, welche die Mongolen Khadaſütſilao (Fels des Pols) nennen und die nach den dortigen Volksſagen mit einem Feuermeteor herabgefallen ſein ſoll. (Abel-Rémuſat.)

Außerdem giebt es noch Maſſen von problematiſchem Urſprunge; zu ihnen gehören:

Eine arſenikhaltige Maſſe in Achen. (Gilb. Ann. 48.)

Eine im Mailändiſchen auf der Collina di Brianza nahe bei Villa gefundene Maſſe. (Gilb. Ann. 50.)

Eine bei Großkamsdorf nicht weit von Saalfeld gefundene Maſſe, die nach Klaproth etwas Blei und Kupfer enthielt. Sie iſt wider Verbot geſchmolzen worden; die zu Freiberg und Dresden aufbewahr-

ten Stücke gleichen nicht den von Klaproth analyſirten und ſind, wie es ſcheint, nur ein künſtliches Schmelzproduct. (Chladni.)

Ich ſetze noch hinzu, daß nach der Analyſe von Brandes das Eiſen, woraus die Meſſer und Harpunen der Eskimos in der Baffinsbai beſtehen, drei Procent Nickel enthält, ein Umſtand, der auf einen meteoriſchen Urſprung dieſes Eiſens hinweiſt.

§ 6. Herabfallen von ſtaubartigen Maſſen.

Die aufmerkſame Beobachtung von Staubfällen läßt vermuthen, daß ſie ſich nicht weſentlich von den gewöhnlichen Meteorſteinfällen unterſcheiden. Manchmal ſind ſie von Steinfällen, ſo wie auch von einem Feuermeteore begleitet geweſen. Der Staub dürfte faſt dieſelben Subſtanzen enthalten, wie die Meteorſteine; es ſcheint nur in der Schnelligkeit ein Unterſchied zu ſein, mit welcher dieſe Haufen chaotiſcher im Weltraume zerſtreuter Materie in unſere Atmoſphäre gelangen. Wahrſcheinlich iſt in dem rothen und ſchwarzen Staube Eiſenoxyd das Hauptfärbungsmittel; in dem ſchwarzen Staube findet ſich auch Kohle. Die im Jahre 1806 bei Alais gefallenen ſchwarzen, leicht zerreiblichen Steine (S. 165) kann man einigermaßen als einen Uebergang von dem ſchwarzen Staube zu den gewöhnlichen Meteorſteinen anſehen. Ich darf indeß nicht unerwähnt laſſen, daß man rothen Schnee angetroffen hat, der ſeine Färbung ganz anderen Urſachen verdankte. So berichtet Sir Charles Blagden, daß rother in der Baffinsbai geſammelter Schnee durch Harnſäure gefärbt war, die ohne Zweifel von den Ausleerungen der in jenen Gegenden vorkommenden Vogelſchwärme herrührte; die Schicht rothen Schnees lag allerdings nicht an der Oberfläche; drüber und drunter war der Schnee vollkommen weiß. Thomſon ſtellt die Anſicht auf, daß die Färbung des Schnees vielleicht von einer organiſchen Materie, z. B. einer kryptogamiſchen Pflanze herrühre.

Ich laſſe hier das Verzeichniß aller ſolcher Staubfälle, welche bis auf den heutigen Tag geſchichtlich aufgezeichnet worden ſind, folgen. Das Fragezeichen (?) deutet auch hier die zweifelhaften Fälle an.

Im Jahr 472 unſerer Zeitrechnung (nach der Chronologie des Calviſius, Playfair u. A.) am 5. oder 6. November erſchien um die

Mittagszeit ein ſchwarzes Gewölk, das nachher eine brennende Geſtalt annahm, und es fiel dann bis um Mitternacht ſchwarzer Staub (wahrſcheinlich in der Umgegend von Conſtantinopel). Procopius und Marcellinus Comes haben dieſen Fall dem Veſuv zugeſchrieben.

652 iſt in der Gegend von Conſtantinopel (rother) Staub wie Regen gefallen. (Theophanes, Cedrenus, Matthäus Eretz.)

742. Staubregen in Egypten. (Quatremère.)

743. Ein Zeichen am nördlichen Himmel geſehen und Staub an mehreren Orten geregnet. (Theophanes.)

.... In der Mitte des 9. Jahrhunderts. Rother Staub und geronnenem Blute ähnliche Materie. (Monachus, Kazwini, Elmazen.)

869 ſoll es in der Gegend von Briren drei Tage lang ſogenanntes Blut geregnet haben (Hadrianus Barlandus). Dies kann vielleicht mit dem vorhergehenden einerlei Ereigniß geweſen ſein.

929 fiel zu Bagdad nach dem Erſcheinen einer Röthe am Himmel eine Menge röthlicher Sand. (Quatremère.)

1056. In Armenien rother Schnee. (Matth. Eretz.)

1110. In Armenien, in der Provinz Vaspuragan ſah man im Winter in einer ſehr dunklen Nacht einen feurigen Körper vom Himmel herabkommen, und in den See Van ſtürzen. Das Waſſer ward blutroth, und an mehreren Orten waren tiefe Riſſe in der Erde. (Matth. Eretz.)

1219 oder 1222. Rother Regen in der Umgegend von Viterbo. (Biblioth. ital. 19.)

1416. Rother Regen in Böhmen. (Spangenberg.)

? In demſelben Jahrhundert will man zu Luzern einen feurigen Drachen geſehen haben, welcher einen Stein (ſ. S. 159) nebſt einer Flüſſigkeit wie geronnenes Blut habe fallen laſſen. (Cyſat.)

1501 ſoll es nach einigen Chroniken an verſchiedenen Orten Blut geregnet haben.

1543. Rother Regen in Weſtphalen. (Surii Comment.)

1548, 6. November, ſah man, vermuthlich im Mansfeldiſchen, eine Feuerkugel, die mit ungeheurem Knalle platzte, worauf an einigen Orten Feuer vom Himmel zu fallen ſchien, und am andern Morgen

eine röthliche Flüſſigkeit, wie geronnenes Blut, gefunden wurde. (Spangenberg.)

1557 ſollen zu Schlage in Pommern fauſtgroße Stücke einer dem Blute ähnlichen Subſtanz mit einem blutigen Regen gefallen ſein. (Chr. Irenäus und Märt. Zeiler.)

1560 (oder 1568 oder 1571) am Pfingſttage rother Regen zu Emden, Löwen u. a. O. (Fromond.)

1560, 24. December, ſcheint zu Lillebonne (Normandie) ein Feuermeteor mit rothem Niederſchlage eingetreten zu ſein.

? 1582, am 5. Juli, ſoll zu Rockhauſen, eine Meile von Erfurt, während eines ſchrecklichen, einem Erdbeben gleichen Gewitters ein großer Haufen einer den Menſchenhaaren ähnlichen Subſtanz niedergefallen ſein. (Mich. Bapſt.)

1586, am 3. Dec., fiel in der Nacht bei Verden im Hannöverſchen eine theils blutrothe, theils ſchwärzliche Maſſe, wobei man das Feuermeteor und das damit verbundene Getöſe für Blitz und Donner gehalten haben mag. (Handſchriftliche Nachricht des damaligen Rathsherrn Salomons in Bremen.)

1591 regnete es in Orleans eine blutähnliche Materie. (Lemair.)

1618 im Auguſt. Der früher S. 160 erwähnte Steinfall in Steyermark iſt mit einem ſogenannten Blutregen und mit einem Feuermeteor verbunden geweſen.

1623, 12. Auguſt. Sogenannter Blutregen zu Straßburg. (Elias Habrecht, Bericht von einer wunderbaren Feuerkugel. 1623.)

1637, 6. Dec. Staubfall im Meerbuſen von Volo im Archipelagus und in Syrien. (Phil. Transact. I.)

1638. Rother Regen zu Turnhout.

1643. Sogenannter Blutregen zu Vaihingen an der Enz und zu Weinsberg. (Nach einer handſchriftlichen heilbronner Chronik.)

1645, zwiſchen 23. und 24. Januar, rother Regen bei Herzogenbuſch.

1646, 6. October, rother Regen zu Brüſſel. (Kronland und Wendelinus.)

1652 im Mai. Schleimige Subſtanz infolge eines leuchtenden Meteors zwiſchen Siena und Rom. (Miscell. nat. cur. 1690.)

?1665, 23. März, ſoll bei Laucha unweit Naumburg eine Subſtanz wie dunkelblaue ſeidene Fäden in großer Menge mit dem Regen oder Thau herabgefallen ſein. (Joh. Prätorius.)

1678, 19. Mai, rother, wie blutiger Schnee bei Genua. (Phil. Trans. 1678.)

1686, 31. Jan., fiel in Kurland, im Ambotſchen bei dem Gute Lauden, und gleichzeitig in Norwegen und Pommern, eine ſchwarze papierartige Subſtanz in großer Menge. (Miscell. nat. cur. 1688, append.) Th. v. Grotthuß analyſirte einen Theil derſelben, die in einer kleinen von ſeinem Vater nachgelaſſenen Mineraliensammlung lag, und fand Kieſelerde, Eiſen, Kalk, Kohle, Magneſia, Spuren von Chrom und Schwefel, aber kein Nickel.

?1689 fiel rother Staub in Venedig. (Vallisnieri.)

1711, 5. und 6. Mai, rother Regen in Schonen bei Orſiö. (Act. liter. Suec. 1731.)

1718, 24. März. Gallertartige Materie infolge des Herabfallens einer großen feurigen Maſſe auf der Inſel Lethy in Oſtindien. (Barchewitz, oſtindiſche Reiſebeſchreibung.)

1719 Staubregen auf dem atlantiſchen Ocean unter 45° n. Br. und 322° 45′ L. von Paris, begleitet von einer nur kurze Zeit dauernden Lufterſcheinung. (Mém. de l'Acad. des sc. 1719.)

1721 in der Mitte des März muß ſich ein rother Schlammregen mit einem vorhergegangenen merkwürdigen Meteor um Stuttgart ereignet haben. (Nach einem Schreiben des damaligen Rentcommiſſars, Expeditionsrath Viſcher.)

1737, 21. Mai. Fall einer vom Magnet anziehbaren Erde auf dem adriatiſchen Meere zwiſchen Monopoli und Liſſa. (Zanichelli Opuscoli di Calogera XVI.)

1744. Rother Regen bei St. Pier d'Arena bei Genua. (Richard.)

1755, 20. Oct., fiel auf der Inſel Zetland, einer der Orkaden, ſchwarzer Staub, wie Lampenruß, der nicht vom Hekla gekommen ſein konnte. (Phil. Trans. I.)

1755, 15. November. Rother Regen in der Gegend von Ulm, in Rußland, Schweden und a. O., wobei der Himmel ganz roth war. (Nova Act. nat. cur. II.)

1763, 9. October. Rother Regen im Herzogthum Cleve und auch bei Utrecht. (Mercurio historico y politico. 1764.)

1765, 14. Nov. Rother Regen in der Picardie. (Richard.)

1781, am 24. April, fiel in Sicilien, in der Campagna di Roto, weißlicher Staub, der nicht vulkaniſch war. (Gioeni, Phil. Trans. Vol. 72.)

1792 regnete es am 27., 28. und 29. Auguſt in der Stadt la Paz in Bolivia ohne Unterbrechung eine aſchenähnliche Subſtanz, die keinem vulkaniſchen Ausbruche zugeſchrieben werden konnte; man hatte Exploſionen gehört und den Himmel ganz erleuchtet geſehen. Der Staub veranlaßte heftiges Kopfweh und verurſachte bei mehreren Perſonen Fieber. (Mercurio Peruano VI. 1792.)

1796, 8. März. In der Lauſitz wurde an einer Stelle, wo Tags zuvor eine Feuerkugel niedergefallen ſein ſollte, eine klebrige Maſſe gefunden, die in Bezug auf Conſiſtenz, Farbe und Geruch altem braunen Oelfirniß ähnlich war. (Lauſitziſche Monatsſchrift 1796, 1. Th.)

1803, 5. und 6. März. In Italien fiel rother Staub, theils mit theils ohne Regen. (Opusc. scelti da C. Amoretti, T. 22.)

1809, im April. Rother Regen im Venezianiſchen. (Giorn. di fis. e chem. I.)

?1811, im Juli. Fall eines zähen Schleimes bei Heidelberg nach Exploſion eines leuchtenden Meteors. (Gilb. Ann. 66.)

1813, 13. und 14. März. Reichliches Herabfallen von rothem Staube und rothem Schnee in Calabrien, Toscana und Friaul, an manchen Orten unter großem Geräuſch. Gleichzeitig fielen Steine zu Cutro (S. 166) in Calabrien. (Bibl. Brit. 1813 u. 1814.) Sementini fand in dem Staube: Kieſelſäure 33, Thonerde $15\frac{1}{2}$, Kalk $11\frac{1}{4}$, Eiſen $14\frac{1}{2}$, Chrom 1, Kohle 9 Procent; der Verluſt bei der Analyſe betrug 15 Procent; nach Magneſia und Nickel hat er ohne Zweifel nicht geſucht.

1814, den 3. und 4. Juli, großer Niederfall von ſchwarzem Staube in Canada, wobei am Morgen des 4. Juli die ganze Atmoſphäre roth und feurig erſchien. (Phil. Mag. Bd. 44.)

1814 fiel in der Nacht vom 27. auf den 28. October im Thale

von Oneglia bei Genua ein Regen von rother Erde. (Giorn. di fis. e chem. I.)

1814, 5. November, ſah man bei dem S. 167 erwähnten Steinfalle zu Doab in Oſtindien Staub aufſteigen, wo ein Stein niederfiel, und fand jeden Stein in einem kleinen Haufen Staubſandes. (Phil. Magaz.)

1815 gegen Ende September war die Oberfläche des Waſſers im ſüdlichen oſtindiſchen Meere in großer Ausdehnung von einer aſchenartigen Subſtanz bedeckt, wahrſcheinlich infolge eines Staubfalles. (Phil. Mag. 1816.)

1816, 15. April, fiel an verſchiedenen Orten des nördlichen Italiens aus rothen Wolken ziegelrother Schnee. (Giornale di fisica I.)

1819, am 13. Auguſt fiel zu Amherſt in Maſſachuſetts eine ſchleimige übelriechende Maſſe infolge eines leuchtenden Meteors. (Sillim. Journ. II.)

1819, am 5. September ereignete ſich zu Studein in Mähren, in der Herrſchaft Teltſch, zwiſchen 11 und 12 Uhr Mittags, bei übrigens heiterm Himmel, aus einer lichten lockern, doch breiten Wolke ein ganz trockner und feiner Erdregen, der aus ſand- und lehmartigen Stückchen von der Größe von Erbſen oder Hanfkörnern beſtand. (Hesperus 1819; Gilb. Ann. 68.)

1819, 5. November, rother Regen in Flandern und Holland. (Gilb. Ann. 68.) Bei der Analyſe wurde darin Kobalt und Salzſäure gefunden.

1819 im November fiel in Canada bei Montreal und in der nördlichſten Provinz der Vereinigten Staaten Maine bei einer ganz auffallenden Finſterniß ein ſchwarzer Staub mit Regen oder Schnee, begleitet von ähnlichen Stößen, wie ſie bei Erderſchütterungen empfunden werden, von Detonationen, welche dem Artilleriefeuer glichen, und von Feuererſcheinungen, die man für ſehr ſtarke Blitze hielt. (Gilb. Ann. 68.) Einige Perſonen haben dies Ereigniß einem Waldbrande zugeſchrieben; das Geräuſch, die Stöße und alle Umſtände dieſer Erſcheinung beweiſen aber, daß es ein wahres Feuermeteor war, wie die von 472, 1637, 1792 und vom Juli 1814. Es ſcheint, als ob die im Jahr 1806 zu Alais (S. 165) gefallenen ſchwarzen, zerreib-

lichen Steine nahezu dieſelbe Subſtanz waren, nur in einem etwas mehr zuſammenhängenden Zuſtande.

1821, 3. Mai Morgens 9 Uhr rother Regen in und um Gießen, bei Windſtille aus einer nicht großen Stratuswolke. Bei einer vorläufigen Unterſuchung fand Profeſſor Zimmermann in dem rothbraunen, flockigen Bodenſatze dieſes Regens Chromſäure, Eiſenoxyd, Kieſelerde, Kalkerde, eine Spur von Talkerde, Kohlenſtoff und mehrere flüchtige Theile, aber kein Nickel. (Gilb. Ann. 68.)

1824, 13. Auguſt, fiel zu Mendoza in der Republik Buenos-Ayres Staub aus einer ſchwarzen Wolke. In einer Entfernung von 20 Meilen entlud ſich dieſelbe Wolke noch einmal. (Zeitung von Buenos-Ayres, 1. Nov. 1824.)

?1824, 17. December. Fall einer brennenden, harzigen oder klebrigen Maſſe zu Neuhaus in Böhmen. (Pogg. Ann. 6.)

Drittes Kapitel.

Ueber den Urſprung der Aerolithen.

Wie bereits früher ausgeſprochen, durfte der Urſprung der Meteorſteine nicht in Vorgängen in der unſere Erde umgebenden Atmoſphäre geſucht werden; es war vielmehr wahrſcheinlich, daß dieſe Steine im Raume kreiſten, und unſere Erde denſelben bei ihrem jährlichen Umlaufe um die Sonne begegnete. Seit dem 17. Jahrhundert verſuchten daher Aſtronomen und Mathematiker, ob ſich dieſelben nicht als Auswürflinge eines Himmelskörpers unſeres Sonnenſyſtemes, z. B. des Mondes betrachten ließen. Das Vorhandenſein ehemaliger Vulkane auf unſerm Monde iſt in der That erwieſen, wie wir aus dem Studium der Gebirge auf demſelben geſehen haben (13. Bd., 21. Buch, 11. Kap.); man findet auf ihm weite und tiefe Krater, welche ungeheure Maſſen haben ausſpeien müſſen. Wir wollen nun unterſuchen, ob die Annahme zuläſſig iſt, daß vom Monde ausgeſtoßene vulkaniſche Producte auf die Erde fallen können.

Ein ſchwerer Körper, den man in die Höhe gehoben hat, fällt infolge der Schwerkraft mit um ſo geringerer Geſchwindigkeit nach der

Oberfläche, oder vielmehr nach dem Mittelpunkte der Erde, je weiter er von letzterem Punkte entfernt iſt. Es unterliegt keinem Zweifel, daß derſelbe Vorgang auch für die Körper auf dem Monde eintreten muß, wenn ſie über die Oberfläche deſſelben gehoben werden, daß alſo dieſe Körper nach dem Monde zurückfallen werden.

Denken wir uns nun den Mittelpunkt des Mondes und der Erde durch eine gerade Linie verbunden, ſo wird nothwendig zwiſchen beiden Himmelskörpern eine Region exiſtiren müſſen, wo Körper, die ſich daſelbſt befänden, von der Erde und dem Monde gleichſtark angezogen und folglich im Gleichgewicht ſein würden. Dieſſeits dieſes Punktes würde jeder ſchwere Körper nach der Erde, jenſeits deſſelben aber nach dem Monde hin fallen.

Damit ein vom Monde ausgegangener Körper auf die Erde fallen kann, würde es alſo genügen, daß derſelbe von der Oberfläche deſſelben mit einer Geſchwindigkeit fortgeſchleudert wird, welche hinreichend groß iſt, um ihn über die Region hinauszutreiben, wo die Körper, gezogen von zwei gleichen entgegengeſetzten Kräften, im Gleichgewicht bleiben, und wo ſie keine größere Neigung haben würden zum Monde als zur Erde zu fallen.

Die Schwere auf der Oberfläche des Mondes iſt ungefähr ſechsmal geringer als auf der Erde, ſo daß derjenige, der daſelbſt mit einer eben ſo großen Muskelkraft, wie wir ſie beſitzen, in die Höhe ſpränge, ſich auf eine bedeutende Höhe erheben würde. Iſt es nun möglich, einem Körper eine ſo große Geſchwindigkeit mitzutheilen, daß er von der Oberfläche des Mondes fortgeſtoßen nicht wieder auf dieſelbe zurückfällt?

Von dieſem Geſichtspunkte aus konnte die Frage der Rechnung unterworfen werden; und man hat mit Rückſicht auf die Kleinheit des Volumens und der Maſſe des Mondes und den Mangel einer Atmoſphäre um denſelben gefunden, daß ein in der Richtung nach der Erde zu geſchleuderter Körper in die Anziehungsſphäre der letztern gelangen würde, wenn er bei ſeinem Abgange vom Monde eine Geſchwindigkeit von 2500 Metern (gegen 8000 Fuß) in der Secunde erhielte.

Dieſe Geſchwindigkeit übertrifft nicht die Wurfgeſchwindigkeiten, welche die Ausbrüche unſerer Vulkane darbieten. Der Cotopaxi z. B.

in Amerika hat bisweilen glühende Steine mit einer größern Kraft fortgeschleudert, als diejenige ist, deren Werth die vorerwähnte Rechnung geliefert hat; eine solche Gewalt geht nicht über die Kräfte hinaus, welche die menschliche Industrie heutigen Tages mit den sogenannten Knallpräparaten zu erzeugen vermag, so daß man in Wahrheit behaupten darf, so übertrieben es auch beim ersten Blicke scheinen mag, daß Menschen, die sich auf dem Monde befänden, sich mit der Erde durch Wurfgeschosse in tägliche Communication setzen könnten.

Als im Anfange dieses Jahrhunderts Olbers, Laplace, Poisson und Biot sich mit dem vorstehenden ballistischen Probleme beschäftigten, beabsichtigten sie eine Prüfung, ob nicht die zuerst von Terzago 1660 aufgestellte Vermuthung, auf dem Monde den Ursprung der festen Massen zu suchen, welche in allen Jahrhunderten von Zeit zu Zeit auf die Erde gefallen sind, ungereimt wäre.

Aus den angeführten Resultaten ersieht man, daß sich die Möglichkeit, die Aerolithen wären Theile des Mondes, nicht ableugnen ließ.

Gewisse aus der chemischen Analyse sich ergebende Umstände schienen diesen Ursprung noch wahrscheinlicher zu machen.

Dazu gehörte der Mangel an Eisenoxyd, der darauf hinzuweisen schien, daß diese Körper in ihrer ursprünglichen Lagerstätte von keiner sauerstoffhaltigen Atmosphäre umgeben sein könnten.

Man legte auch Gewicht auf die Gleichheit der Zusammensetzung, um den Aerolithen einen gleichen Ursprung zuzuschreiben. Dieses Argument verlor aber bedeutend an Werth, als Laugier seine Analyse des bei Juvenas (1821 S. 168) gefallenen Meteorsteines bekannt machte; derselbe fand nämlich, daß dieser Aerolith keine Spur von Nickel enthielt, während dieses Metall sonst einen sehr beträchtlichen Bestandtheil der an andern Orten herabgefallenen Massen ausmacht.

Welche Aehnlichkeit würde man übrigens heut zu Tage aufzustellen vermögen zwischen dem Meteoreisen, woraus man hat Waffen schmieden können, und den Steinen (dieser Name ist ihnen mit Recht beigelegt worden), welche in ihrem Bruche als ein bloßes Aggregat von erdigen Massen und darin zerstreuten Metallbrocken erscheinen? Die chemischen Zusammensetzungen weisen in der That auf eine Ver-

ſchiedenheit in deren Urſprunge hin. Rammelsberg äußert ſich darüber folgendermaßen [2]):

„Die eigentlichen Meteorſteine pflegt man, durch ihr äußeres Anſehen geleitet, in zwei Klaſſen zu theilen. Die einen nämlich zeigen in einer ſcheinbar gleichartigen Grundmaſſe Körner und Flittern von Meteoreiſen, welches dem Magnet folgt und ganz die Natur des für ſich in größeren Maſſen aufgefundenen beſitzt. Hierher gehören z. B. die Steine von Blansko, Liſſa, Aigle, Enſisheim, Chantonnay, Klein-Wenden bei Nordhauſen, Errleben, Chateau-Renard und Utrecht. Die andere Klaſſe iſt frei von metalliſchen Beimengungen und ſtellt ſich mehr als ein kryſtalliniſches Gemenge verſchiedener Mineralſubſtanzen dar; wie z. B. die Steine von Juvenas, Lontalar und Stannern.“

„Seitdem Howard, Klaproth und Vauquelin die erſten chemiſchen Unterſuchungen von Meteorſteinen angeſtellt haben, nahm man lange Zeit keine Rückſicht darauf, daß ſie Gemenge einzelner Verbindungen ſein könnten; ſondern erforſchte ihre Beſtandtheile nur im Ganzen, indem man ſich begnügte, den etwanigen Gehalt an metalliſchem Eiſen mittelſt des Magnets auszuziehen. Nachdem Mohs auf die Analogie einiger Aerolithen mit gewiſſen telluriſchen Geſteinen aufmerkſam gemacht hatte, verſuchte Nordenſkjöld zu beweiſen, daß Olivin, Leucit und Magneteiſen die Gemengtheile des Aeroliths von Lontalar in Finland ſeien; doch erſt die ſchönen Beobachtungen von Guſtav Roſe haben es außer Zweifel geſetzt, daß der Stein von Juvenas aus Magnetkies, Augit und einem dem Labrador ſehr ähnlichen Feldſpathe beſteht. Hierdurch geleitet, ſuchte Berzelius in einer größeren Arbeit (Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar för 1834) auch durch chemiſche Methoden die mineralogiſche Natur der einzelnen Verbindungen in den Aerolithen von Blansko, Chantonnay und Alais auszumitteln. Der mit Glück von ihm vorgezeichnete Weg iſt ſpäter vielfach befolgt worden.“

„Die erſte und zahlreichere Klaſſe von Meteorſteinen, die mit metalliſchem Eiſen, enthält daſſelbe bald fein eingeſprengt, bald in größeren Maſſen, die ſich bisweilen als ein zuſammenhängendes Eiſenſkelett geſtalten und ſo den Uebergang zu jenen Meteor-Eiſenmaſſen

bilden, in welchen, wie in der sibirischen Masse von Pallas, die übrigen Stoffe zurücktreten. Wegen ihres beständigen Olivingehalts sind sie reich an Talkerde. Der Olivin ist derjenige Gemengtheil dieser Meteorsteine, welcher bei ihrer Behandlung mit Säuren zerlegt wird. Gleich dem tellurischen ist er ein Silicat von Talkerde und Eisenoxydul. Derjenige Theil, welcher durch Säuren nicht angegriffen wird, ist ein Gemenge von Feldspath- und Augitsubstanz, deren Natur sich einzig und allein durch Rechnung aus ihrer Gesammtmischung (als Labrador, Hornblende, Augit oder Oligoklas) bestimmen läßt."

„Die zweite, viel seltenere Klasse von Meteorsteinen ist weniger untersucht. Sie enthalten theils Magneteisen, Olivin und etwas Feldspath- und Augitsubstanz; theils bestehen sie blos aus den beiden letzten einfachen Mineralien, und das Feldspathgeschlecht ist dann durch Anorthit repräsentirt. Chromeisen (Chromoxyd-Eisenoxydul) findet sich in geringer Menge fast in allen Meteorsteinen; Phosphorsäure und Titansäure, welche in dem so merkwürdigen Steine von Juvenas entdeckt wurden, deuten vielleicht auf Apatit und Titanit."

So wie man einerseits nicht absolut ableugnen darf, daß nicht einige Meteorsteine aus den Mondvulkanen stammen können, so muß man doch andererseits einräumen, daß sie bisweilen anderen Ursachen ihre Entstehung verdanken. Könnte nicht in den planetarischen Räumen eine Art Ring von größerer oder geringerer Dicke existiren, gebildet aus mit einer raschen Umlaufsbewegung um die Sonne begabten Körpern? Schnitte dieser Ring die Ebene der Ekliptik in einer gewissen Breite, so würde die Erde, wenn sie in diese Gegenden käme, einigen jener herumirrenden Massen begegnen, sie anziehen, und auf ihre Oberfläche fallen lassen, nachdem dieselben zuvor beim Eintritt in ihre Atmosphäre plötzlich weißglühend geworden wären. Könnte man nicht auch eine große Zahl im Raume zerstreuter kleiner Körper annehmen, die in unserm Sonnensysteme eine Art Nebelfleck bildeten, dessen verschiedene Elemente an einigen Stellen weniger von einander entfernt wären, als in andern Gegenden?

Nach diesen Annahmen müßte sich in der Erscheinung der Aerolithenfälle eine gewisse Periodicität zeigen. Stellt man die zuverlässigen Meteorstein- und Staubfälle, deren Datum bekannt ist, in eine

Tabelle zusammen, so findet man 206 solche Fälle, für welche der Monat ihres Eintritts gegeben ist, und diese vertheilen sich unter die 12 Monate des Jahres folgendermaßen:

Monat.	Zahl der Fälle.
Januar	14
Februar	10
März	22
April	15
Mai	20
Juni	18
Juli	23
August	16
September	17
October	18
November	20
December	13

Wie man sieht, ist die Anzahl der auf die Oberfläche unserer Erde fallenden Meteorolithen kleiner in der Zeit vom December bis Juni (monatliches Mittel 16) als in der Zeit vom Juli bis November (monatliches Mittel 19). Die Monate März, Mai, Juli, October und November zeigen außerdem noch Maxima. Bei ihrem Umlaufe um die Sonne würde die Erde also mehr Aerolithen antreffen auf dem Wege vom Aphelium zum Perihelium oder von dem Sommersolstitium zum Wintersolstitium, dagegen eine geringere Zahl derselben in der andern Hälfte ihrer Bahn vom Perihelium zum Aphelium oder vom Wintersolstitium zum Sommersolstitium.

Man darf übrigens nicht übersehen, daß die in denjenigen Ländern, deren Civilisation weit genug vorgeschritten ist, um geschichtliche Jahrbücher zu besitzen, aufgezeichneten Meteorsteinfälle nur einen Bruchtheil von der Gesammtzahl aller derartigen Phänomene ausmachen können, deren Existenz sich constatiren lassen würde, wenn fortwährend Beobachter über die ganze Oberfläche des Meeres und alle Theile des Festlandes vertheilt wären. Wie dem auch sein möge, beim Durchlaufen der Verzeichnisse wird man dahin geführt, nicht blos eine gewisse Periodicität dieser Phänomene anzunehmen je nach der Stellung der Erde in der Ekliptik, sondern auch zwischen gewissen

Jahren, in denen man die Meteorsteinfälle sich gewissermaßen zusammendrängen sieht, nachdem lange Zeit verflossen ist, während welcher sie ziemlich sparsam erschienen.

Viertes Kapitel.

Durch Aerolithen veranlaßte Unfälle.

Die Meteorsteinfälle sind nicht selten genug, als daß solche Phänomene nicht in den Chroniken berichtete Unfälle veranlaßt haben sollten.

In dem von Eduard Biot verfaßten Kataloge der in China beobachteten Sternschnuppen und anderer Meteore ist erwähnt, daß am 14. Januar 616 unserer Zeitrechnung in China ein herabfallender Stein einen Wagen zerschmetterte und zehn Menschen tödtete.

Der schwedische Kapitän Olof Erichson Wilmann, der als Freiwilliger in den Dienst der holländisch-ostindischen Compagnie eingetreten war, erzählt in einem 1674 gedruckten Werke, daß auf offenem Meere eine 8 Pfund wiegende Kugel auf das Verdeck seines mit vollen Segeln fahrenden Schiffes fiel und zwei Menschen tödtete. (Vergl. S. 161.)

Um dieselbe Zeit hat ein kleiner in Mailand niederfallender Stein einen Franziskaner getödtet.

Der Chemiker Laugier hat ein Bruchstück eines Meteorsteins hinterlassen, wobei sich die Notiz fand, daß dieser Aerolith unter Explosion in der Nähe von Roquefort in Amerika herabgefallen sei, dabei eine Hütte zerschmettert, den Bauer, sowie Vieh getödtet und ein fast zwei Meter tiefes Loch in die Erde geschlagen habe.

Man hat auch den Meteorsteinen den Brand mehrerer Häuser zugeschrieben. Diese Thatsachen hängen mit der Hypothese zusammen, daß viele Meteorsteine beim Eintritt in unsere Atmosphäre, um die Oberfläche der Erde zu erreichen, sich entzünden; und es ist allerdings richtig, daß gewissen Aerolithenfällen die Erscheinung von Feuerkugeln vorhergegangen, die plötzlich unter den gewaltigsten Detonationen verschwanden und in sehr viele Stücke zersprangen, welche nachher

über ausgedehnte Landstrecken zerstreut gefunden wurden. Unter derartigen Phänomenen ist eines der wichtigsten der in der Umgegend von l'Aigle am 26. April 1803 (s. S. 165) eingetretene Steinfall. Gegen 1 Uhr Nachmittags sah man zu Caen, Pont-Audemer und in der Umgegend von Alençon, Falaise und Verneuil eine feurige Kugel mit sehr hellem Glanze. Einige Augenblicke später hörte man bei l'Aigle und 15 Meilen im Umkreise eine heftige Explosion, und zufolge Biot's Nachforschungen fielen Steine über eine elliptische Fläche von ungefähr $1^1/_4$ Meilen Länge und $^1/_4$ Meile Breite. Die große Axe dieser Ellipse war von Südost nach Nordwest gerichtet. Der größte unter allen gefundenen Steinen wog $17^1/_2$ Pfund. Keiner dieser Steine war in dem Augenblicke, wo man sie sammeln konnte, glühend; sie verbreiteten einen lebhaften Schwefelgeruch.

Die zu Braunau am 14. Juli 1847 (S. 170) gefallenen Aerolithen waren noch sechs Stunden nach ihrem Niederfallen so heiß, daß man sie nicht anrühren konnte, ohne sich zu verbrennen.

Vorstehende Thatsachen lassen keinen Zweifel an der Möglichkeit, daß Feuersbrünste durch den Fall von Meteorsteinen veranlaßt worden sind, selbst wenn diese Steine nach dem Ereignisse nicht immer aufgefunden werden konnten.

Ich lasse hier die wichtigsten derartigen Vorgänge, die man gesammelt hat, folgen:

Im Jahr 944 n. Chr. fuhren nach der Chronik von Frodoard feurige Kugeln durch die Luft und entzündeten Häuser.

Am 7. März 1618 war der Brand, welcher den großen Saal des Justizpalastes in Paris verzehrte, angeblich durch ein feuriges Meteor „von 1 Fuß Breite und 1 Elle Höhe", das nach Mitternacht auf dieses Gebäude fiel, veranlaßt worden.

Der zu Captieux bei Bazas am 13. Juni 1759 (S. 163) gefallene Meteorstein entzündete angeblich einen Stall.

Nach den Memoiren der Akademie von Dijon wurde vom 11. bis 12. Nov. 1761 ein Haus zu Chamblan, eine halbe Stunde von Seurre in Burgund, durch den Fall eines Meteors angezündet.

Am 13. Nov. 1835 zeigte sich gegen 9 Uhr Abends bei heiterem Himmel in dem Arrondissement von Belley (Dep. Ain) ein glänzen-

des Meteor, dessen Lauf von Südwest nach Nordost gerichtet schien. Es zersprang in der Nähe des Schlosses Lauzières und verbrannte eine mit Stroh bedeckte Scheune, Wagenschuppen, Ställe, das eingeerndtete Getreide und das Vieh. Alles war in wenigen Minuten ein Raub der Flammen. Auf dem Schauplatze des Ereignisses wurde ein Meteorstein (S. 170) gefunden.

Man vermuthet, daß der Brand des Pachtgutes Tamerville in der Nähe von Valognes, der in der Nacht vom 3. zum 4. August 1840 statt fand, durch ein feuriges Meteor veranlaßt wurde, das mehrere auf verschiedenen Punkten befindliche Personen von Nord nach Süd, in der Richtung des abgebrannten Gutes hatten durch die Luft fliegen sehen.

Am 25. Februar 1841 fiel eine aus Nordosten kommende Feuerkugel auf das Dach eines Kelterhauses in dem Weiler les-Bois-aux-Rour (Gemeinde Chanteloup, Arrond. Coutance, Dep. Manche), und zündete eine Feuersbrunst an, die sich zwei benachbarten Häusern mittheilte.

Dem Falle von feurigen Meteoren schreibt man auch die Feuersbrünste zu, welche vom 9. bis 18. November 1843 in der Umgegend von Montierender (Dep. der obern Marne) statt fanden.

Am 16. Januar 1846 entzündete eine in der Richtung von Norden nach Süden fliegende Feuerkugel, die eine leuchtende Spur hinter sich ließ, ein Gebäude zu la Chaur im Arrondissement Châlon-sur-Saône (Dep. Saône-et-Loire).

Am 22. März desselben Jahres 3 Uhr Nachmittags fiel eine Feuergarbe, welche mit großer Geschwindigkeit und ziemlich heftigem Geräusche durch die Luft gefahren war, auf eine Scheune in der Gemeinde St. Paul im Arrondissement Bagnères-de-Luchon (Dep. der obern Garonne); in einem Augenblick wurde Alles ein Raub der Flammen; das in den Ställen eingeschlossene Vieh verbrannte vollständig.

Wenn alle diese Unfälle nicht durch das Niederfallen von Meteorsteinen oder Feuerkugeln veranlaßt worden sind, wenn einige darunter von Sternschnuppen herrühren, so muß bei Erwägung der großen

Zahl dieſer letzteren Meteore die geringe Häufigkeit jener Unfälle in Erſtaunen ſetzen.

Das Gewicht der Aerolithen iſt oft ſehr beträchtlich, und erklärt vollſtändig die Möglichkeit ſehr ſchwerer Unfälle. Ich will beſonders

Fig. 326. — Meteorſtein von Santa-Roſa, reducirt auf $^1/_{10}$ ſeiner Höhe.

hervorheben den Meteorſtein von Vouillé (1831 S. 169) von 40 Pfund; von Chantonnay (1812 S. 166) von 68 Pfund; von Juvénas (1821 S. 168) von 184 Pfund; von Enſisheim (1492 S. 159)

von 276 Pfund Gewicht. Der 1810 zu Santa Roſa in New-Granada (S. 166) auf dem Wege von Pamplona nach Bogota gefallene Meteorſtein, deſſen Beſchreibung wir Bouſſingault und Mariano de Rivero verdanken, wiegt 1500 Pfund; ſein Volumen erreicht faſt $^1/_{10}$ Cubikmeter. In den Umgebungen des Ortes, wo jene Maſſe herabgefallen iſt, fanden die beiden gelehrten Reiſenden mehrere Bruchſtücke von Meteorſteinen, welche eine ähnliche Zuſammenſetzung wie die Hauptmaſſe, nämlich 92 Proc. Eiſen und 8 Proc. Nickel, beſaßen. Die große Maſſe, deren in Fig. 326 gegebene Abbildung ich der Güte des Herrn Bouſſingault verdanke, hatte eine unregelmäßige mit Höhlungen verſehene Form ohne irgend einen glaſigen Ueberzug. Als man ſie entdeckte, ſteckte ſie faſt vollſtändig in der Erde, nur eine einige Zoll hohe Spitze ragte über die Oberfläche des Bodens hervor.

Fünftes Kapitel.

Feuerkugeln.

Die Feuerkugeln erſcheinen plötzlich und verſchwinden ebenſo, nachdem ſie während einiger Secunden ein glänzendes Licht verbreitet haben; ſie zeigen eine runde Geſtalt und einen merklichen ſcheinbaren Durchmeſſer, und erhellen den Horizont mit einem Lichte, das im Allgemeinen etwas ſchwächer iſt als das des Mondes. Oft ziehen ſie einen feurigen Schweif nach ſich, der mehr oder minder lange ſichtbar bleibt; manche zerſpringen in Stücke, die ihren Lauf fortſetzen und bald erlöſchen. Wie ſchon im vorhergehenden Kapitel erwähnt wurde, bilden gewiſſe Bruchſtücke die Meteorſteine, die auf der Erdoberfläche gefunden werden.

Die bis jetzt bekannt gewordenen Erſcheinungen von Feuerkugeln ſind in dem folgenden Verzeichniſſe kurz zuſammengeſtellt; ein Fragezeichen (?) deutet auch hier wieder, wie früher, die zweifelhaften Fälle an. Die Beobachtungen, deren Quellen nicht genannt werden, ſind aus den Sammlungen von Chladni und v. Hoff genommen, die Kämtz mit den Aerolithen, den verſchiedenen Meteorfällen und den

leuchtenden Meteoren von noch problematiſcher Natur im dritten Bande ſeines Lehrbuchs der Meteorologie in ein Verzeichniß verſchmolzen hat.

91 v. Chr. Eine Feuerkugel, welche die Sonne verdeckte.

74, 7. April. Feuerkugel in China. (Eduard Biot, Catalogue général des étoiles filantes et autres météores observés en Chine, Mémoir. des Sav. étrang. X.)

21. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

34 n. Chr., 4. April, 35, 25. Jan. und 57, 14. Nov. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

58, 22. Mai und ebenſo 64 Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

90, 22. Juni. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

99, 25. Juni. Feuerkugel in China.

103, 6. Januar, 138, 27. März, 263, 303, 5. December, 304, 15. December und 305. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

307, 26. September. Feuerkugel in China von der ſcheinbaren Größe der Sonne mit leuchtendem Schweife, in der Richtung von Südweſt nach Nordoſt, und mit Exploſion verſchwindend. (Ed. Biot.)

310. Feuerkugel in China, die einen Steinfall (S. 156) begleitete.

310, 23. October. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

322, 10. September, Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

333. Feuerkugel mit Exploſion in China, deren Fall einen Meteorſtein lieferte (S. 156). (Ed. Biot.)

337, 30. Juli. Große Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

340, 15. März. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

352, 21. Juli. Große Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

354, 14. Mai, 369, 10. December, 381, 20. November und 388. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

389, 4. April. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Exploſion in China. (Ed. Biot.)

394. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

433. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

452, 6. Juli. Große Feuerkugel mit Explosion. (Ed. Biot.)

455, 22. Oct. Feuerkugel mit Explosion. (Ed. Biot.)

?545, ?549, ?552 und ?554. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

565, 31. März. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

568, 18. März. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

578, 8. Januar. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Mondscheibe in China. (Ed. Biot.)

578, 21. Juli. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

578, 12. August und 579, 15. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

579, 23. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

579, 30. August. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

580, September. Man sieht eine Feuerkugel den Himmel durchlaufen. (Dom Bouquet, Recueil des historiens des Gaules II.)

581, 3. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

583, 31. Jan. Eine Feuerkugel erscheint am Himmel und durchläuft einen großen Raum. (Gregor von Tours, Dom Bouquet II.)

?584, December. Eine Feuerkugel durchfliegt mitten in der Nacht den Himmel und verbreitet weithin große Helligkeit. Lebhafte Lichter flammen auf, trennen sich und erlöschen. Der Himmel ist dergestalt erhellt, daß man glaubt ein Nordlicht entstehen zu sehen. (Gregor von Tours, Aimoin, Chroniques de St. Denis, Dom Bouquet.)

585, 28. Oct. Eine funkelnde und großes Geräusch machende Feuerkugel fällt zur Erde. (Gregor von Tours, Dom Bouquet.)

587, Januar. Man sieht zu Paris in der Luft eine große Masse funkelnden Feuers. (Sauval.)

?590, März. Feuerkugeln durchfliegen während der Nacht mehrere Male den Himmel. (Gregor von Tours, Dom Bouquet.)

?600. Feuerkugeln durchfliegen den westlichen Theil des Himmels, wie eine Menge Sterne, wie eine Menge brennender Lanzen. Ein sehr lebhaftes Licht herrschte die ganze Nacht. (Die Chronikenschreiber, Dom Bouquet II. und III.)

616, 14. Jan. Große Feuerkugel in China, deren Fall den oben S. 186 berichteten Unfall verurſachte. (Ed. Biot.)

616, 28. Mai. Feuerkugel in China, welche den Fall eines Aerolithen zur Folge hatte (S. 157). Ed. Biot.)

616, 14. Oct. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

616, 15. Octob., und 617, 11. Juni. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

620, 29. Nov. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

? 629 und ? 640. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

642, 22. Juli. Feuerkugel von der ſcheinbaren Größe der Mondſcheibe in China. (Ed. Biot.)

644. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

? 653. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

666, 15. Febr., 670, 707, 24. April, und 708, 16. März. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

? 713. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

744, 4. April. Feuerkugel von der ſcheinbaren Größe der Mondſcheibe mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

757, 19. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

757, 3. Dec., 767, 15. Oct., 768, 19. Oct., 771, 2. Nov., 773, 18. Juli, 774, 18. Jan., und 775, 9. April. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

798, 20. Juni, und 809, 16. Sept. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

811, 30. März. Große Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

813 oder 814 ſah Karl der Große eine helle Feuerkugel.

817, 26. Oct. Feuerkugel mit feurigem Schweif und Exploſion in China. (Ed. Biot.)

822, 26. Nov., 823, 23. Sept., 837, 8. Nov., und ? 837, 18. Dec. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

839, 3. Oct. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Exploſion. (Ed. Biot.)

841, 22. Dec. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

877, und ? 898. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

900, 20. April. Große Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

903, 911, 17. Dec., und 925, 7. Oct. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

934, 14. Oct. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

944. „Feurige Kugeln durchfliegen die Lüfte; einige haben Häuser angezündet." (S. 187.) (Frodoardi chron., Dom Bouquet VIII.)

952. Ein ganz feuriger Stein, wie eine Masse glühendes Eisen, durchlief von Westen kommend den Himmel. Man sah eine Schlange. (Annales wirziburgenses.)

954, 20. Febr. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

960, 19. Oct., 960, 20. Oct., und 960, 23. Dec. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

962, 13. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

964, 3. April, 966, 12. Juni, 966, 14. Oct., 968, 3. Aug., und 969, 20. Juli. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

971, 20. Sept., 972, 28. Sept., und 974, 14. Oct. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

975. Man sieht einen Feuerball auf die Erde fallen. (Annales Corbienses, Pertz III.)

978, 5. Nov., 987, 17. Juli, und 988, 13. Mai. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

988, 12. Juli. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der halben Mondscheibe in China. (Ed. Biot.)

989, 8. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

990, 30. Nov. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

996, 21. Mai. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Explosion in China. (Ed. Biot.)

1002, 12. Oct. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1004, 25. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1004, 12. Dec., und 1005, 5. Juni. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1005, 11. Dec., und 1006, 16. Aug. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1009, 1. April, und 1010, 14. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1010, 7. Auguſt, 1010, 11. Sept., 1010, 14. Oct., 1011, 23. Juli, 1011, 2. Aug., 1011, 16. Nov., und 1012, 11. Sept. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

1018, 9. Nov. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1028, 16. Mai, 1040, 17. Dec., 1046, 14. Juli, und 1060, 5. Febr. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1061, 18. Dec., 1064, 7. Oct., 1064, 13. Oct., 1068, 25. Juli, und 1070, 11. April. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1073, 6. Dec. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

1074, 13. Aug. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1078, 13. Juli. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1095, 4. April. Feuerkugel in Frankreich.

1108. Eine Feuerkugel in China.

1109. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1143. Man berichtet, daß in dieſem Jahre am Himmel Zeichen erſchienen; feurige Kugeln leuchteten an mehreren Orten und verſchwanden dann an einem andern Theile des Himmels. (Lycoſthenes.)

1198, 2. Aug. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1221, 1. Jan. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1228, 10. Juli, 1230, 25. Dec., 1231, 18. Oct., 1241, 1. Aug., und 1243, 27. Aug. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1260, 25. Nov. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1278. Feuerkugel mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1325, 22. Mai. Große Feuerkugel zu Florenz.

1328, 28. Juni. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1344. „Ein Meteor (chasma) oder ein Feuerball fiel vom Himmel.“ (Lycoſthenes.)

1352, 22. Oct. Großes Feuermeteor mit Detonation in Italien.

1356, 3. Dec. Feuerkugel in der Richtung von Nordweſt nach Südoſt mit Exploſion in China. (Ed. Biot.)

1358, 8. Dec. Feuerkugel in China, die einen Aerolithen (S. 159) lieferte.

1359, 17. Febr., 1404, 6. Jan., 1424, 21. Juni, und 1427, 12. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1449, 16. Dec., und 1451, 10. Sept. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1465, 22. Sept. Die Truppen des Herzogs von Burgund belagerten die Stadt, als während der Nacht ein Meteor erschien, das die Belagerten in Schrecken setzte, um so mehr als man es gleichsam aus dem feindlichen Lager kommen sah. Es fiel in die Wallgräben am Thore St. Antoine zu Paris. (Henry Sauval, Histoire et antiquités de la ville de Paris II.)

?1476, 11. Dec. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1484, 3. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1491, 15. Nov. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1495, 12. Mai, und 1496, 23. April. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1497, 11. Febr. Große Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1498, 17. Febr. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1501, 18. August, 1503, 9. März, und 1507, 4. Oct. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1510, 9. Mai. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Mondscheibe, in der Richtung von Südost nach Nordwest mit zwei leuchtenden Schweifen. (Ed. Biot.)

1511, 17. Sept. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1520, 15. Mai. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Sonnenscheibe mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1566, 17. Juli. Feuerkugel zu Paris.

1577, 11. Oct. Feuerkugel in der Schweiz.

1584, 19. Febr. Feuerkugel in Zürich.

1585, 28. Juli, und 1587, 4. Juli. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1589, 16. Febr. Feuerkugel von der Größe der Mondscheibe mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1603, 10. Sept. Von Norden nach Süden gehende Feuerkugel in der Schweiz.

1610, 11. März. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1613, 21. Jan. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1615, 19. Mai. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1618, 12. Nov. Feuerkugel mit Explosion in China, deren Fall einen Aerolithen lieferte (S. 160). (Ed. Biot.)

1623, 10. März. Feuerkugel in Zürich.

1623, 17. Nov. Feuerkugel, von West nach Ost ziehend, in Deutschland.

1637, 3. Oct. Große Feuerkugel in Frankreich.

1637, 27. Nov. Feuerkugel im südöstlichen Frankreich, aus welcher ein 38 Pfund schwerer Stein (S. 161) fiel.

1641, 25. Sept. Große Feuerkugel in der Lausitz.

1642, im Anfange des December. Feuerkugel und Meteorsteinfall in Ungarn.

1643, 6. Febr., sah man bei Glarus ein Feuermeteor, das zwei Explosionen machte.

1647, 18. Febr., sah man bei Zwickau ein Feuermeteor, aus welchem ein Meteorstein fiel (S. 161).

1648, 8. Jan. Feuerkugel im Neapolitanischen.

1648, 10. Jan. Große Feuerkugel bei Glückstadt.

1649, 1. Sept. Feuerkugel in Hamburg.

1651, 7. Jan. In der Schweiz eine Feuerkugel mit anhaltendem Getöse wie Kanonenschüsse.

1660, 23. Febr. Feuermeteor zu Wittenberg.

1661, 20. Jan. Feuerkugel in der Schweiz.

1662, 26. April. Feuerkugel zu Königsberg in Preußen.

1663, 13. März. Feuerkugel bei Malmöe in Schonen, welche mit einem Knalle zersprang.

1664, 8. April. Feuerkugel in Sachsen.

1668, 19. oder 21. Juni. Im nördlichen Italien zog eine Feuerkugel von West nach Ost; aus ihr fielen im Veronesischen Steine herab (S. 162).

1676, 24. Jan., mit einem Knalle zerspringende Feuerkugel in der Schweiz; dasselbe geschah am 21. Febr.

1676, 31. März. Feuerkugel in Italien und Deutschland.

1676, 20. Sept. Feuerkugel in England.

1680, 22. Mai. Feuerkugel im nördlichen Deutschland.

1680, 17. Dec. Feuerkugel in Kurland, die von Oſt nach Weſt ging.

1682, im December. Feuerkugel in Sachſen.

1683, 12. Aug. Feuerkugel in Leipzig.

1684, 19. Mai. Feuerkugel bei Annaberg in Sachſen.

1684, 13. Nov. Zwiſchen Joachimsthal und Gottesgabe große Feuerkugel mit langem Schweife.

1684, 17. Nov. Feuerkugel in der Bretagne.

1686, 19. Juli. Feuerkugel in Leipzig.

1687, 22. Mai. Feuerkugel in Paris.

1688, 17. April. Feuerkugel mit langem wellenförmigen Schweife in Heilbronn.

1692, 9. April. Zu Temeswar ein Feuermeteor mit einem ſchrecklichen Knalle.

1700, 7. Januar. Große Feuerkugel in der Normandie, die von WNW. nach OSO. ging und zerplatzte.

1704, 4. Jan. Eine feurige Kugel fiel auf den Kirchthurm zu Quesnoy und ſprützte als Feuerregen auf den umliegenden Platz.

1704, 25. Dec. Große Feuerkugel in Spanien, aus welcher nach heftiger Exploſion bei Barcelona Steine fielen (S. 162).

1708, 31. Juli. Feuerkugel in England.

1709, 4. März. Feuerkugel in Lima in Peru.

1710, 17. Mai. Feuerkugel in England.

1711, 11. März. Feuerkugel in der Schweiz.

1717, 10. Aug. Feuerkugel in Schleſien, Polen, Preußen, Ungarn, Lauſitz.

1718, 19. März. Erſcheinung eines faſt ſo hell wie die Sonne glänzenden Meteores; die Sterne erloſchen vollſtändig; man ſah den Mond faſt nicht mehr, obſchon er damals neun Tage alt war. Dem Verſchwinden des Meteors folgte eine heftige Detonation. Die verticale Höhe des Phänomens während der ganzen Erſcheinung betrug gegen 60 Meilen. Man hatte es 120 Meilen weit ſehen können. Sein Durchmeſſer belief ſich auf 2560 Meter; es bewegte ſich mit

einer Geſchwindigkeit von 2700 Meter in der Secunde. (Halley, Phil. Trans. 1718.)

1718, 24. März, fiel auf der Inſel Lethy in Indien eine Feuerkugel; man fand dann eine gallertartige Maſſe (S. 177).

1719, 22. Febr. Eine von Oſt nach Weſt gehende Feuerkugel im nördlichen Italien, welche mit Krachen zerſprang.

1719, 19. März. Sehr glänzende Feuerkugel in England, welche zwei Exploſionen machte.

1719, 30. März. Große Feuerkugel in den Niederlanden.

1721, 26. Januar. Feuerkugel in der Schweiz.

1722, 1. Febr. Eine von SW. nach NO. gehende Feuerkugel in der Schweiz und im Elſaß.

1723, 6. Jan. Feuerkugel in Portugal, die mit ſchrecklichem Krachen zerſprang.

1723, 22. Aug. Feuerkugel in Polen und Schleſien.

1725, 22. Oct. Feuerkugel in Maryland.

1726, 4. Febr. Feuerkugel in Regensburg.

1728, 29. März. Feuerkugel in der Lauſitz, welche ihre Geſtalt, Farbe und Bahn mehrmals änderte.

1728, 30. Mai. Feuerkugel zu Campo-Major in Portugal.

1728, 4. Dec. Feuerkugel in Nürnberg.

1729, 19. April. Feuerkugel zu Genf, deren Schweif 7 bis 8 Minuten ſichtbar blieb.

1729, 2. Juni. Feuerkugel in der Schweiz.

1729, 23. Aug. Feuerkugel in Paris.

1729, 1. Oct. Feuerkugel in Schweden.

1729, 25. Nov. Große Feuerkugel in Toscana.

1730, 13. April. Feuerkugel zu Mons in Belgien.

1730, 17. Juli. Feuerkugel zu Neiße in Schleſien.

1730, 20. Aug. Von SW. nach O. gehende Feuerkugel in der Lauſitz.

1731, 3. März. Feuerkugel zu Upſala.

1731, 12. März. Feuerkugel zu Halſtead in der Grafſchaft Eſſex in England, aus welcher, nachdem ſie mit Exploſion zerſprungen, ein großer Stein fiel (S. 163).

1733, im Auguſt. In England eine von Oſt nach Weſt gehende Feuerkugel.

1734, 13. März. Feuerkugel mit einem Schweife in London.

1734, 9. Dec. Heftig explodirende Feuerkugel in Regensburg.

1736, 1. Oct. Große Feuerkugel in England.

1736, im October, eine mit Geräuſch zerſpringende Feuerkugel in Schleſien.

1737, 5. Dec. Eine Feuerkugel in England, Irland und auch in Venedig geſehen; zerſprang mit ſchrecklichem Getöſe.

1738, 13. Juli. Auf- und niederſpringende Feuerkugel in Paris.

1738, 28. oder 29. Aug. Feuerkugel in England, die mit Krachen zerſprang.

1739, 3. Juni. Von Süden nach Norden ziehende Feuerkugel in Cambridge in Nordamerika; der Donner der Exploſion wurde angeblich an Orten gehört, welche 16 Meilen von einander entfernt waren.

1739, 2. Dec. Von Norden nach Süden gehende Feuerkugel in England.

1740, in der Nacht vom 23. zum 24. Febr. Feuerkugel zu Toulon, die mit heftigem Donner zerplatzte.

1741, 11. Dec. Feuerkugel in England mit heftiger Exploſion.

1742, 24. Nov. Von SW. nach NO. gehende Feuerkugel in Nordamerika.

1742, 16. Dec. Feuerkugel mit langem Schweife in London.

1744, 7. Mai. Feuerkugel in Oxford.

1744, 27. Mai. Feuerkugel mit zugeſpitztem Schweife in London.

1745, 13. Oct. Feuerkugel mit Schweif in Bologna.

1749, 4. Nov. Feuerkugel auf dem atlantiſchen Meere.

1750, 9. Febr. In Schleſien von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel, die mit ſtarkem Getöſe in vier Stücke zerſprang.

1750, 12. April. In Hamburg von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel.

1750, 7. Juni. Feuerkugel in Norwich in England.

1750, 22. Juli. Von N. nach S. gehende Feuerkugel in England.

1751, 26. Mai. Feuerkugel in Agram, Hannover und Neu-

findet an der Alsch, aus welcher bei Hradschina im agramer Comitate zwei Eisenmassen herabfielen (S. 163).

1752, 19. Juni. Zu Nimes eine von Norden nach Süden gehende Feuerkugel.

1752, 25. Dec. Zu Glasgow eine von NO. nach SW. gehende Feuerkugel.

1753, 4. Nov. Mit Detonation zerplatzende Feuerkugel in Frankreich.

1754, 26. Febr. Feuerkugel in England.

1754, 15. Aug. Feuerkugel in England und Holland.

1755, 27. Nov. Große Feuerkugel von SW. nach NO. zu Weriö (?) in Schweden.

1756, 15. Jan. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel zu Milverton in Sommersetshire.

1756, 21. Jan. Feuerkugel in England, und ebenso am 26. Jan.

1756, 28. Febr. Feuerkugel zu Köln.

1756, 3. März. Feuerkugel in Frankreich.

1756, 29. April. Große Feuerkugel zu Newington in England.

1757, 18. Febr. Feuerkugel bei Rouen mit Schweif.

1757, 26. Febr. In Irland eine von W. nach O. gehende Feuerkugel mit Schweif.

1758, 26. Nov. Ueber England und Schottland eine von SO. nach NW. gehende Feuerkugel.

1758, 22. Dec. Feuerkugel zu Colchester.

1759, 4. Mai. Feuerkugel in Neufundland.

1759, 20. Oct. Feuerkugel in England, von Norden nach Süden gehend.

1760, 10. Mai. In Nordamerika eine von NW. nach SO. gehende Feuerkugel, welche drei Mal explodirte, wobei das Geräusch an 16 Meilen von einander entfernten Orten gehört wurde.

1761, 26. Jan. In der Gegend von Kopenhagen eine von Süden nach Norden gehende Feuerkugel.

1761, 3. Nov. Zu Withby in England von NO. nach SW. gehende Feuerkugel mit langem Schweife.

1761, 12. Nov. In Frankreich eine von NW. nach SO. gehende

Feuerkugel, die mit heftiger Explosion zersprang; im Dorfe Chamblan ward durch dieses Meteor ein Haus angezündet (S. 187).

1762, 30. April. Großes Feuermeteor in Schweden mit heftiger Explosion.

1762, 24. Juli. Von SSW. nach NNO. ziehende Feuerkugel in Sachsen und Brandenburg, die mit einem 20 Meilen weit hörbaren Geräusche zersprang.

1762, 5. Dec. Feuerkugel mit langem Schweife in England.

1763, 13. Jan. In einem großen Theile von Schweden sichtbare, von N. nach SW. ziehende Feuerkugel, die heftig explodirte.

1763, 15. Jan. Feuerkugel mit langem Schweife zu Reading in England.

1763, 29. April. Feuerkugel in Paris.

1765, 11. Oct. Eine von NO. nach SW. ziehende, mit heftigem Gepolter zerspringende Feuerkugel in Suffex.

1766, 26. Oct. Eine von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel in England.

1771, 17. Juli. Große Feuerkugel in Frankreich und England.

1771, 9. Nov. Große Feuerkugel in Böringen auf der schwäbischen Alp.

1772, 10. Febr. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel mit zugespitztem Schweife in England.

1773, 29. Juli. Feuerkugel mit Schweif bei Crespi in Frankreich.

1773, 8. Aug. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel mit heftiger Explosion in England.

1776, 12. Mai. Feuerkugel in Mexico.

1776, 11. Juli. Heftig explodirende Feuerkugel zu Oxford.

1778, im Febr. Feuerkugel in Berlin.

1778, 26. Aug. Feuerkugel zu Sondrio im Veltlin, welche Sprünge und bei jeder Senkung eine Explosion machte.

1779, 8. März. Eine von O. nach W. gehende Feuerkugel in Frankreich (Dep. Ain).

1779, 5. Aug. Eine von NW. nach SO. gehende, mit heftigem Getöse zerspringende Feuerkugel in Peking.

1779, 31. Oct. Feuerkugel in Virginien.

1780, 11. April. Von NO. nach SO. ziehende Feuerkugel in England, die mit ſchrecklichem Getöſe zerplatzte, worauf bei Beeſton (S. 164) Steine niederfielen.

1782. In einer ſchönen Sommernacht ſah man im nördlichen Italien eine von NO. nach SW. ſich bewegende Feuerkugel, von welcher mit donnerartigem Getöſe eine Steinmaſſe bei Turin (S. 164) niedergefallen iſt.

1783, 18. Aug. Feuerkugel in England, Schottland, Frankreich, Rom.

1783, 4. Oct. Feuerkugel in England.

1784, 30. Juli. 8 Uhr Abends zog zu Prag ein feuriger Ball, ungefähr $^1/_8$ ſo groß wie der Mond, in der Richtung von OSO. nach WNW. durch die Luft.

1784, 11. Sept. Eine von SSO. nach NNW. ziehende Feuerkugel im nördlichen Italien.

1785, 10. Jan. Feuerkugel zu Valence.

1785, in der Nacht vom 31. Mai zum 1. Juni. Feuerkugel zwiſchen Florenz und Bologna.

1786, 10. April. Von NO. nach SW. gehende explodirende Feuerkugel zu Moura in Portugal.

1786, im Nov., ſah man in der Nähe von Valladolid in Neu-Spanien zwei Nächte hintereinander explodirende Feuerkugeln.

1787, gegen Ende Auguſt. Feuerkugel zu Portsmouth in New-Hampſhire in Nordamerika.

1787, 1. Sept. Feuerkugel in Edinburg.

1788, 17. Oct. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel in Connecticut und New-York.

1789 an einem Sonnabend wurde eine Feuerkugel in der Gegend von Worms geſehen.

1790, 24. Juli. Von NO. nach SW. ziehende Feuerkugel zu Juliac in Frankreich, nach deren Exploſion Steine herabfielen (S. 164.)

1792, 18. April. Feuerkugel zu Lima.

1792, im September. Große Feuerkugel in Mainz.

1794, 16. Juni. Feuerkugel bei Siena mit langem Schweife; nach heftiger Explosion fielen Steine herab (S. 164).

1796, 8. März. Große Feuerkugel in der Lausitz, Sachsen, Brandenburg, Schlesien und Böhmen.

1797, 13. Juli. Feuerkugel in Göttingen.

1798, 8. oder 12. März. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel mit langem Schweife in Genf; nach ihrem Zerplatzen fiel bei Sales, nicht weit von Villefranche, ein Stein herab (S. 165).

1798, 28. Juli. Explodirende Feuerkugel in England.

1798, 22. Sept. Von W. nach O. ziehende große Feuerkugel in England.

1798, 20. Nov. Feuerkugel in England.

1798, 13. Dec. Große Feuerkugel, aus welcher bei Benares in Hindostan Steine herabfielen (S. 165).

1799, 2. Nov. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel zu Pocklington in England.

1799, 7. Nov. Feuerkugel zu S. Louis de Potosi in Mexico.

1799, 12. Nov. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel in England.

1800, 1. April. Feuerkugel und Steinfall in der Grafschaft Esser in England (S. 165).

1800, 5. April. Von SW. nach NO. gehende Feuerkugel bei Baton-rouge in Nordamerika.

1800, 8. Aug. Feuerkugel in Nordamerika.

1800, im August. Zwei kleine Feuerkugeln in Halle.

1801. Feuerkugel auf Ile de France, worauf Steine auf der Ile des Tonneliers fielen (S. 165).

1801, 19. Juni. Feuerkugel zu Halle.

1801, im August. Von S. nach N. gehende Feuerkugel im Dep. de l'Ain in Frankreich.

1801, 23. Oct. Feuerkugel in Colchester.

1802, 10. Aug. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Quedlinburg.

1803, 26. April. Von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel im Dep. de l'Orne; nach der Explosion fielen Steine bei Aigle (S. 165).

1803, 4. Juli. Feuerkugel und Meteorſteinfall zu Eaſt-Norton in England (S. 165).

1803, im Juli. Feuerkugel mit Exploſion in Bologna.

1803, 22. Sept. Feuerkugel in Genf und Befort.

1803, 10. Oct. Feuerkugel auf dem atlantiſchen Meere. (Kruſenſtern.)

1803, 6. oder 13. Nov. Feuerkugel in England.

1803, 16. Nov. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel in Genf.

1803, 13. Dec. Feuerkugel zu Ekaterinenburg.

1803, 16. Dec. Von O. nach W. gehende Feuerkugel zu Schwarzenberg.

1804, 15. April. Von S. nach N. ziehende Feuerkugel in Genf und Neufchatel.

1804, 29. Juli. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Frankfurt a. O.

1804, 19. Aug. Feuerkugel in Oldenburg.

1804, im September. Feuerkugel in Turnbridge in England.

1804, 10. oder 12. Sept. Von SSW. nach NNO. ziehende Feuerkugel in Weimar, Jena, Leipzig.

1804, 2. Dec. Große Feuerkugel mit Exploſion in Finnland.

1805, 1. Febr. Morgens 4 Uhr. Von WSW. nach ONO. gehende Feuerkugel mit Exploſion in Sachſen; am Abend deſſelben Tages Feuerkugel in Halle und Frankfurt a. O.

1805, 21. Juli. Feuerkugel in London.

1806, 11. Febr. Feuerkugel in Stockholm.

1806, 17. Juli. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel in England.

1806, 23. Sept. Explodirende Feuerkugel in Weimar.

1806, 28. Sept. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel zwiſchen Memmingen und Lindau.

1806, 22. Dec. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel in Northamptonſhire in England.

1807, 6. März. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel mit langem Schweife in Genf und Glasgow.

1807, 9. Aug. Feuerkugel in Nürnberg.

1807, im September. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel in Jütland und Fühnen.

1807, 14. Dec. Feuerkugel in Connecticut, welche den Steinfall bei Weſton (S. 165) verurſachte.

1808, 21. Mai. Feuerkugel mit Exploſion zu Ferentino im Kirchenſtaate.

1808, 29. Mai. Feuerkugel mit Schweif in der Nähe des Cap Spartel.

1808, 4. Juni. Feuerkugel in Deſſau.

1808, 29. Juli. Feuerkugel zu Troſton in England.

1808, 15. Aug. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Wien.

1808, 11. Nov. Feuerkugel in England.

1808, 29. Dec. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel in Bern.

1809, 29. Juli. Feuerkugel mit Exploſion zu Neuwedel in der Neumark.

1809, 28. Aug. Zerſpringende Feuerkugel in Parma.

1809, 12. Oct. Feuerkugel in London.

1809, 29. Nov. Feuerkugel in München.

1810, 3. Jan. Feuerkugel in Genf und Bern.

1810, in der Nacht vom 20. zum 21. April. Feuerkugel zu Santa-Roſa in Neugranada, die ſtark leuchtete und die Erde in der Richtung von NO. nach SW. zu ſtreifen ſchien; ſie verurſachte einen Steinfall (S. 166).

1810, 23. Nov. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel mit langem Schweife in Frankreich; nach ihrem Zerplatzen fielen Steine bei Charſonville (S. 166).

1810, 30. Dec. Von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel in Grönland.

1811, 18. Febr. Feuerkugel zu Olmütz.

1811, 15. Mai. Feuerkugel in Frankreich und Deutſchland.

1811, im Juli. Feuerkugel in Heidelberg.

1812, 28. Januar. Von N. nach S. gehende Feuerkugel mit langem Schweife in Baden und der Schweiz.

1812, 30. Jan. Explodirendes Feuermeteor in Louisville in Kentucky.

1812, 10. April. Feuerkugel in Perigueux, fast von der Größe des Mondes, die bei Toulouse einen Steinfall veranlaßte (S. 166).

1812, 15. April. In Dessau Feuerkugel in der Richtung von SO. nach NW., und Steinfall bei Errleben (S. 166).

1812, 23. Aug. Feuerkugel in Utrecht.

1812, 13. Sept. Von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel zu San Christoval bei Segovia.

1812, 15. Nov. Feuerkugel mit Schweif in Carlsruhe, Salzburg, Wien, Böhmen.

1813, 27. Jan. Feuerkugel in Brünn.

1813, 21. März. Feuerkugel in New-Haven in Connecticut.

1813, 8. Nov. Feuerkugel in England.

1814, 27. Jan. Explodirende Feuerkugel in Augsburg und München.

1814, 19. April. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel mit langem Schweife (in Berlin?).

1814, 29. Juli. Explodirende Feuerkugel auf dem Genfersee.

1814, 8. Sept. Feuerkugel in Augsburg.

1814, 18. Oct. Feuerkugel in Deutschland.

1814, 9. Nov. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Moskau.

1814, 2. Dec. Feuerkugel in London.

1815, 30. April. Feuerkugel mit Explosion in Florenz.

1815, 10. Mai. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel in Worcester in England.

1815, 16. Sept. Feuerkugel mit Explosion in Göttingen und Gotha.

1815, 29. Sept. Feuerkugel in London.

1816, 8. oder 9. Jan. Feuerkugel in Pesth.

1816, 23. März. Große von N. nach S. gehende Feuerkugel mit Explosion in Berkshire und zu Oxford.

1816, 7. Aug. Von S. nach N. gehende Feuerkugel mit Explosion zu Nagybanya in Ungarn.

1816, 13. Aug. Feuerkugel in Schottland.

1816, 20. und ebenso 21. Dec. Feuerkugel in Pesth.

1817, in der Nacht vom 2. zum 3. März. Zerspringende Feuerkugel zu Gothenburg und Odensee in Fühnen, die wahrscheinlich einen Steinfall zur Folge gehabt hat (S. 167).

1817, 18. März. Heftig explodirende Feuerkugel im Dep. du Lot-et-Garonne.

1817, 10. April. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel mit Explosion zu Tabor in Böhmen.

1817, 27. April. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel im westlichen Deutschland.

1817, 8. Sept. Feuerkugel in England.

1817, 17. Oct. Feuerkugel zu Aachen.

1817, 19. Nov. Feuerkugel zu Rochelle.

1817, 8. Dec. Feuerkugel mit Explosion zu Ipswich in England.

1818, 28. Jan. Feuerkugel mit Schweif in Campbell Town beim Fort St. George in Schottland.

1818, 6. Febr. Mit Getöse explodirende Feuerkugel in England.

1818, 15. Febr. Abends 6 Uhr hat man in Limoges, Bordeaux, La Réole, Agen, Rodez, Montauban, Toulouse, Pau bei fast heiterm Himmel eine große Feuerkugel gesehen; der verschleierte Mond verbreitete nur schwaches Licht. Das Meteor nahm seinen Lauf von S. nach N. und ließ einen zickzackförmigen leuchtenden Schweif hinter sich. Als es erlosch, bemerkte man an seiner Stelle einen weislichen Dampf. Einige Augenblicke später hörte man eine heftige Explosion. Vielleicht hat diese Feuerkugel einen Meteorsteinfall verursacht (S. 167).

1818, 2. März. Feuerkugel in 22° 2′ südl. Br. und 289° 40′ L. von Greenwich.

1818, 17. Juli. Explodirende Feuerkugel in Nordamerika.

1818, 5. Aug. Feuerkugel zu Chelmfort in England.

1818, 6. Sept. Explodirende Feuerkugel zu Breteuil (Dep. Oise).

1818, 14. Sept. Feuerkugel in England.

1818, 31. Oct. Feuerkugel zu Mehadia im Banate.

1818, 13. Nov., und ebenso am 17. Nov. Feuerkugel zu Gosport in England.

1818, 18. Dec. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Halle.

1818, in der Nacht vom 21. zum 22. Dec. Feuerkugel in Böhmen.

1819, 2. oder 3. Febr. Feuerkugel bei Canterbury und Beckley in Sussex.

1819, 5. Mai. 12½ Uhr Mittags ward zu Aberdeen in Schottland bei hellem Sonnenscheine und wolkenlosem Himmel ein Feuerball mit kurzem Schweife gesehen; fünf Minuten nach seinem Erscheinen zersprang er mit starkem Donner und ließ dicken Rauch zurück, der hernach eine weiße Wolke bildete. Dasselbe Phänomen wurde in vielen Dörfern Schottlands beobachtet. (Royal Institution. Juli 1819.)

1819, 5. Juni. Ein merkwürdiges Meteor zeigte sich bei Lowisk in der Nachbarschaft von Berwick fünf Minuten nach Mittag bei hellem Sonnenscheine und wolkenlosem Himmel. Im Momente seines Sichtbarwerdens hatte es die Form eines Balles; später würde man dasselbe mit einem flammenden, nach der Erde gerichteten Degen verglichen haben. (Royal Institut., Juli 1819.)

1819, 24. Juli. Feuerkugel zu Youngstown in Ohio.

1819, 6. Aug. Von NO. nach SW. ziehende Feuerkugel in Mähren.

1819, 13. Aug. Abends fiel zu Amherst in Massachusets in den Vereinigten Staaten eine schmierige übelriechende Masse (S. 179) mit einer kleinen Feuerkugel herab.

1819, 20. Aug. Feuerkugel in der Gegend von Rotweil und Chambéry.

1819, 1. Oct. Feuerkugel zu Tottenham in England.

1819, 24. Oct. Feuerkugel in Antwerpen und dem nördlichen England.

1819, 13. Nov. Feuerkugel in Port au Prince auf Haiti, von NO. nach SW. ziehend.

1819, 14. Nov. Feuerkugel in Böhmen.

1819, 21. Nov. Explodirende Feuerkugel in Massachusets, Baltimore und Maryland.

1820, 18. April. Feuerkugel zu Augsburg.

1820, in der Nacht vom 10. zum 11. Mai. Feuerkugel mit heftiger Explosion bei Coblenz.

1820, 30. Juli. Feuerkugel in Brünn.

1820, 12. Oct. Feuerkugel in der Kirgisensteppe.

1820, 29. Nov. Feuerkugel in Neapel mit Steinfall in Calabrien (S. 168).

1820, 9. Dec. Feuerkugel mit Explosion zu Tumea in der Mongolei.

1821, 12. Febr. Feuerkugel in Breslau.

1821, 28. April. Feuerkugel in Leipzig.

1821, 16. Mai. Feuerkugel in München.

1821, 20. Aug. Feuerkugel auf St. Thomas in Westindien.

1821, 7. oder 8. Sept. Feuerkugel in Böhmen und der Lausitz.

1821, 7. Oct. Feuerkugel in der Mark und Sachsen.

1821, 30. Oct. Feuerkugel in Marienwerder.

1821, 30. Nov. Feuerkugel in Delitzsch bei Leipzig.

1821, 1. Dec. Feuerkugel in Leipzig.

1821, 2. Dec. Feuerkugel an mehreren Orten in Sachsen, der Lausitz und Schlesien; in Görlitz zog sie von SW. nach NO. An demselben Abende Feuerkugel zu Brighton in England.

1821, 3. Dec. Feuerkugel in Weimar.

1821, 4. Dec. Feuerkugel in Görlitz.

1821, 11. Dec. Feuerkugel in England.

1821, 18. Dec. Feuerkugel in Neapel.

1821, 24. Dec. Feuerkugel im nördlichen Deutschland.

1821, 25. Dec. Feuerkugel bei Rothenburg in der Oberlausitz.

1821, 26. Dec. Feuerkugel in Weimar.

1822, 11. Jan. Von N. nach S. ziehende explodirende Feuerkugel in Gumbinnen.

1822, 14. Jan. Feuerkugel mit starker Explosion zu Heiligenstadt im Eichsfelde, Hannover und Coblenz.

1822, 25. Jan. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel in Preußen.

1822, 6. Febr. Feuerkugel bei Roßitz in Mähren.

1822, 7. Febr. Explodirende Feuerkugel bei Landshut in Baiern.

1822, 9. Febr. Feuerkugel in Leipzig und Mähren.

1822, 1. März. Feuerkugel in Brünn.

1822, 31. März. Feuerkugel mit Schweif bei Leipzig.

1822, 9. April. Feuerkugel 5 Uhr Morgens bei Halberstadt; an demselben Tage Abends 9 Uhr zu Rodez bei Avignon.

1822, 9. Juni. Feuerkugel zu London, Poitiers, Angers mit starker Explosion und Steinfall zu Angers (S. 168). — An demselben Tage von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel in Mähren.

1822, 13. Juni. Feuerkugel in Christiania.

1822, 17. Juni. Feuerkugel in Leipzig und Danzig.

1822, 19. Juni. Feuerkugel in Hamburg.

1822, 28. Juli. Feuerkugel in Brünn.

1822, 6. Aug. Feuerkugel in Paris, la Rochelle in Frankreich, und Southampton in England.

1822, 7. Aug. Feuerkugel zu Iglau in Mähren.

1822, 11. Aug. Feuerkugel in Lüttich und Coblenz.

1822, 23. Aug. Feuerkugel zu Czernikau im Regierungsbezirk Bromberg und in Posen.

1822, 1. Sept. Von O. nach W. gehende, heftig explodirende Feuerkugel zu Fort-Royal auf Martinique.

1822, in der Nacht vom 27. zum 28. Oct. Feuerkugel im berleburger Kreise.

1822, 28. Oct. Feuerkugel bei Silverhilly in England.

1822, 11. Nov. Zwischen 5 und 6 Uhr Abends von O. nach W. ziehende Feuerkugel zwischen Wittenberg und Kemberg; an demselben Abende zwischen 10 und 11 Uhr eine ebenfalls von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Freiberg und Zschopau.

1822, 12. Nov. Mehrere Feuerkugeln in Potsdam und Taucha bei Leipzig.

1822, 15. Nov. Feuerkugel in Apenrade.

1822, 21. Dec. Von SW. nach NO. ziehende, explodirende Feuerkugel zu Brünn und Roßitz.

1823, 24. Jan. Feuerkugel zu Gosport in England.

1823, 2. April. Feuerkugel zu Mannheim.

1823, 6. April. Feuerkugel zu Berlin und Neustadt-Eberswalde.

1823, 9. April. Feuerkugel zu Potsdam.

1823, 2. Mai. Feuerkugel in Northumberland.

1823, 20. Mai. Feuerkugel zu Ragusa.

1823, 23. Mai. Feuerkugel in Kiel und Kopenhagen. — Am demselben Tage Feuerkugel in Altenburg.

1823, 30. Juli. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel in Leipzig.

1823, 9. Aug. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel zu Gingen in Würtemberg.

1823, 12. Aug. Feuerkugel in Tübingen.

1823, 19. Aug. Feuerkugel in München.

1823, 3. Oct. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel in Königsberg.

1823, 6. Dec. Von N. nach S. gehende Feuerkugel zwischen Mastricht und Aachen.

1824, 3. Febr. Von S. nach N. gehende Feuerkugel im görlitzer und löwenberger Kreise.

1824, 1. März. Feuerkugel in Berlin.

1824, 17. April. Feuerkugel in England.

1824, 9. Juni. Feuerkugel in Leipzig und Halle.

1824, in der Nacht vom 11. zum 12. Aug. Feuerkugel in den Alpen und Toscana.

1824, 13. Sept. Feuerkugel in St. Petersburg.

1824, in der Nacht vom 13. zum 14. Nov. Feuerkugel in Mainz.

1824, 16. Nov. Feuerkugel in Bonn.

1824, 27. Nov. 5 Uhr 4 Min. Abends von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel im berauner Kreise in Böhmen; an demselben Abende $7\frac{1}{2}$ Uhr von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel in Erlangen.

1824, 10. Dec. Feuerkugel zu le Mans, von O. nach W. ziehend.

1824, 15. Dec. Explodirende Feuerkugel zu Magdeburg.

1824, 17. Dec. Große Feuerkugel mit Exploſion in Böhmen.

1825, 2. Jan. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel bei Valdarno in der Gegend von Arezzo.

1825, 17. Jan. Feuerkugel zu Bromberg.

1825, 24. Jan. Feuerkugel zu Königsberg.

1825, 3. Febr. Von O. nach W. gehende Feuerkugel in Nürnberg.

1825, 4. Febr. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel in Kaſſel.

1825, 7. Febr. Feuerkugel in Kaſſel.

1825, 28. Juli. Feuerkugel in Frankfurt a. M., Bamberg und Hannover.

1825, 3. Aug. Von W. nach O. gehendes Feuermeteor zu Mödling und Döbling in Oeſterreich (unter der Enns).

1825, 22. Aug. Von S. nach N. gehende Feuerkugel in Utrecht und Amſterdam.

1825, 20. Sept. Feuerkugel in Leipzig und Hannover.

1825, 24. Sept. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel in Leipzig.

1825, 17. Oct. Explodirende Feuerkugel in Prag.

1825, 19. Oct. Feuerkugel in Berlin.

1825, 22. Oct. Feuerkugel in Hörter.

1825, 4. Nov. und ebenſo 5. Nov. Feuerkugel in Halle.

1825, 9. Nov. Von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel im pilſener Kreiſe in Böhmen.

1825, 14. Nov. Von O. nach W. gehende Feuerkugel zu Leith.

1825, 1. Dec. Feuerkugel in Berlin.

1825, 10. Dec. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel in Halle.

1825, 18. Dec. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel in Frankfurt a. M.

1826, 14. Febr. Feuerkugel zu Campo de Criptana in la Mancha in Spanien.

1826, 14. April. Von N. nach S. gehende Feuerkugel zwiſchen Paisley und Glasgow.

1826, 21. Juli. Feuerkugel in Heidelberg.

1826, 29. Jul. Feuerkugel zwiſchen Barcla und Florida in Spanien.

1826, 3. Aug. 5 Uhr Abends von SW. nach NO. gehende Feuerkugel zu Frankenſtein in Schleſien, und um $10^1/_2$ Uhr Abends eine von ONO. nach WSW. ziehende in Lützſchena bei Leipzig.

1826, 8. Aug. Feuerkugel zu Odenſee.

1826, 11. Aug. und ebenſo am 4. Sept. Feuerkugel zu Halle.

1826, 6. Sept. Feuerkugel zwiſchen Halle und Könnern.

1826, 13. Sept. Feuerkugel in Bordeaux.

1826, in der Nacht vom 6. bis 7. Nov. ſehr viele Feuerkugeln auf Teneriffa.

1826, 31. Dec. Feuerkugel im Lippeſchen.

1827, 21. Mai. Feuerkugel zu Laytonſtone bei Greenwich.

1828, 18. Jan. Feuerkugel in Gotha.

1828, 11. Febr. Feuerkugel mit Schweif zwiſchen New-York und Long-Island.

1829, 26. Aug. Feuerkugel in Parma.

1829, 26. Sept. Feuerkugel in Bremen und Düſſeldorf.

1829, 19. Nov. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel mit Schweif und Herabfallen einer nicht näher beſchriebenen Maſſe (Seite 169) bei Prag.

1830, 14. März. Von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel in Freiberg.

1830, in der Nacht vom 12. zum 13. Dec. wurden bei Heiligenſtadt auf dem Eichsfelde in kurzer Zeit an 40 Feuerkugeln bemerkt, welche bei ihrem Entſtehen einen Blitz verbreiteten und ſich mit ziſchendem Geräuſche ſüdöſtlich bewegten, ſich öfters durchkreuzten und beim Niederfallen den Schein eines Sternes von ſich gaben. Mehrere von ihnen verbreiteten beim Zerſtieben Regenbogenfarben.

1831, 1. Jan. Explodirende Feuerkugel zu Storkyro in Finnland.

1831, 12. Jan. Feuerkugel zu Breslau.

1831, 28. Jan. Feuerkugel zu Gotha.

1831, 19. Oct. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel zu Höpfigheim im würtembergiſchen Oberamte Marbach.

1831, 13. Nov. 6 Uhr Morgens. Feuerkugel in Ulm, München, Stuttgart, Insbruck.

1831, 26. Nov. Feuerkugel zu Sögel im Arensbergischen.

1831, 29. Nov. Feuerkugel von der Größe des Mondes in der Gegend von Hildburghausen.

1831, 8. Dec. Feuerkugel in England.

1832, 2. Jan. Feuerkugel in Berlin und Bordeaux.

1832, 7. Febr. Feuerkugel zu Lauenburg.

1832, 15. März. Von W. nach O. gehende Feuerkugel zu Berlin.

1832, 31. Mai. Feuerkugel in Riga.

1832, 29. Juni. Feuerkugel in Brest; und in der Nacht vom 29. zum 30. Juni Feuerkugel in 49° 10′ n. Br. und 5° 45′ w. L.

1832, 6. Oct. Feuerkugel in Berlin.

1832, 13. Oct. Feuerkugel in Ulm.

1832, 24. Oct. Feuerkugel zu Grünewald.

1832, in der Nacht vom 19. bis 20. Nov. Feuerkugeln in England.

1832, 30. Dec. Feuerkugel in Bonn.

1833, 19. April. Feuerkugel in Nürnberg und Prag.

1833, 20. Mai. Feuerkugel in Chicheſter.

1833, 2. Oct. Feuerkugel in Hildburghausen.

1833, in der Nacht vom 12. bis 13. Nov. viele Feuerkugeln und Sternſchnuppen.

1833, 20. Nov. Von NO. nach SW. ziehende Feuerkugel in Preßburg.

1834, 30. Jan. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Coringham bei Gainsborough.

1834, 10. März. Feuerkugel mit Exploſion zu Hirſchberg in Schleſien.

1834, 10. Aug. Feuerkugel in Brüſſel. (Quetelet.)

1834, 2. Oct. Abends kurz vor 7 Uhr bemerkte man zu Köln am nordöſtlichen Himmel in der Nähe des Sternes Algenib im Perſeus eine prächtige Feuerkugel von blendend weißem Lichte, an Glanz und Größe den Jupiter übertreffend. Mit ziemlicher Geſchwindigkeit bewegte ſie ſich in nördlicher Richtung faſt mit dem Horizonte parallel und verſchwand plötzlich nach ungefähr 2 Secunden in der

Nähe des Sternes η in der Giraffe, nachdem sie sich kurz zuvor in zwei Hälften getheilt hatte.

1835, 13. Jan. Von W. nach O. gehende Feuerkugel in Berlin.

1835, 6. Febr. Feuerkugel von ungewöhnlicher Größe in Parma.

1835, 22. März. Feuermeteor mit Explosion in der Grenzfestung Troizkosaffsk.

1835, 13. Juni. Feuerkugel in Königsberg.

1835, 17. Juli. $8^1/_2$ Uhr Abends sah man in Mailand eine große weiße, hellleuchtende Feuerkugel von der Größe einer Kanonenkugel, mit einem lang nachschleppenden Funkenschweife, welche am nördlichen Himmel ihre Richtung von O. nach W. nahm. Ebendiese Feuerkugel erschien in Stuttgart und Bonfeld bei Heilbronn am südlichen Himmel, doch hatte sie hier nur die scheinbare Größe einer Billardkugel. Die Stücke fielen nach der Explosion mit ausnehmend glänzenden Strahlen zur Erde nieder. Wenige Minuten nach dem Verschwinden hörte man in Mailand einen dumpfen Knall; in Würtemberg war der Knall wie von einer Kanone. Die Entfernung von Mailand bis Heilbronn beträgt etwa 55 Meilen; die Explosion ist also wenigstens in einem Raume gehört, dessen Halbmesser 30 Meilen betrug.

1835, 18. Juli. Feuerkugel in Aarhuus, die einen Flammenschweif hinter sich zog, bis sie in mehrere Lichtkugeln zersprang [3]).

1836, 12. Febr. 6 Uhr 27 Min. Morgens wurde zu Cherbourg in östlicher Richtung eine Feuerkugel wahrgenommen. In ihrer Form glich sie einem großen brennenden Balle; ihr scheinbarer Durchmesser erreichte fast den der Vollmondscheibe; ihr purpurfarbiges Licht verbreitete eine so starke Helligkeit, daß der Horizont wie glühend erschien und man in den Straßen, obwohl es nicht Tag war, hätte lesen können. In diesem Feuerballe bemerkte man deutlich eine sehr dunkle Höhlung, aus welcher blasser Rauch mit Funken gemischt hervorquoll. Er war von einer Dampfhülle umgeben, die ein ziemlich breites Band bildete, und deren weißliche Farbe an einer einzigen Stelle nur durch den starken Dampf, welchen das Meteor ausstieß, verdunkelt war. Das Meteor schien nur 200 oder 300 Meter über dem Gipfel der Hügel zu sein, oberhalb deren es gesehen wurde. Im

Augenblicke seines Sichtbarwerdens in Cherbourg durchlief es kaum 1/4 Meile in der Minute und zeigte eine deutliche Rotationsbewegung um seine Axe; es schien selbst einen Augenblick still zu stehen, als ob es unschlüssig wäre, welchen Weg es einschlagen sollte; darauf entfernte es sich pfeilgeschwind, indem es ein schwaches Knacken in der Luft erzeugte, und fiel dann ungefähr 12 Meilen von dort, in der Nähe eines Morastes, in der Gemeine Orval (Arrondissement Coutances), wo es unter Erzeugung eines dem Abfeuern mehrerer Kanonen ähnlichen Lärmes und unter Verbreitung eines starken schwefligen Geruches verschwand. Auf seinem in der Atmosphäre durch einen langen graulichen Streifen bezeichneten Wege zog dasselbe einen weißen Schweif nach sich, der in seiner Breite vorn dem Durchmesser der die Kugel umgebenden Dampfhülle gleich kam, und sich mit gradliniger Begrenzung nach hinten zuspitzte, so daß er vollkommen die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks darbot. (Brief Vérusmor's an Arago, Compt. rend. de l'Acad. des scienc. Bd. 2.)

1837, in der Nacht vom 4. zum 5. Jan. wurde in Frankreich zu Besoul, Cusset bei Vichy, und Niederbronn eine von N. nach S. fliegende Feuerkugel, die einen langen Schweif hinter sich zog, beobachtet. Die an den Orten, wo sie sichtbar war, gemachten Beobachtungen haben Herrn Petit, Director der Sternwarte zu Toulouse, in den Stand gesetzt, ihre Entfernung von der Erde, ihre wirkliche Geschwindigkeit und ihren wahren Durchmesser zu berechnen; er fand den Durchmesser 2200 Meter, den in einer Secunde durchlaufenen Weg 5200 Meter und den Abstand von der Oberfläche der Erde ungefähr 34 Meilen. (Compt. rend. Bd. 19 u. 32.) Dieselbe Feuerkugel wurde auch bei Basel, in München und Hildburghausen gesehen.

1839. Feuerkugeln am 6. Febr., 6. Juli, 13. Sept., 6. und 10. Nov. zu Parma; am 6. Juni in Frankreich und der Schweiz; am 10. Sept. zu Gent; am 4. Oct. zu Piacenza; am 1. Nov. in Rußland. (Quetelet.)

1840. Feuerkugeln am 6. und 7. Febr. zu Brüssel und Löwen; am 8. Febr. in der Nähe von Kopenhagen; am 28. April, 23. und 31. Mai zu Parma: am 3. Aug. in Frankreich; am 7. Aug. in Neapel; am 29. Oct. in Brüssel; am 29. Dec. in Rußland. (Quetelet.)

1840, 2. Nov. Feuerkugel in Evreux. (Compt. rend. Bd. 11.)

1840, 30. Nov. Feuerkugel in Chartres, von Chasles beobachtet; sie nahm ihren Lauf von W. nach O. und zersprang, indem sie einen lebhaften Glanz wie ein römisches Licht verbreitete. (Compt. rend. Bd. 11.)

1841. Feuerkugeln in Frankreich am 25. Febr., 21. März und 13. Juni; in Paris am 8. Sept.; in Montargis am 16. Mai; in Blois am 4. oder 5. Juli; zu Bayonne am 29. Sept.; zu Parma am 27. Febr., 8. März, 22. März und 6. Nov.; zu Genf am 24. März, 30. März und 20. Juli; zu Brüssel am 13. Mai; zu Corfu am 20. Aug. (Quetelet.)

1841, 9. Febr. Feuerkugel zu Paris, Agen, Toulouse, Carcassonne und Pau von der Größe einer Kanonenkugel; ihr Abstand von der Erde betrug nach der Berechnung von Petit 19 Meilen. (Compt. rend. Bd. 19.)

1841, 9. Juni. Von SO. nach NW. gerichtete Feuerkugel zu St. Rambert (Dep. Ain). (Compt. rend. Bd. 13.)

1841, 18. Aug. Feuerkugel in Paris und Reims. Ihr wahrer Durchmesser betrug nach Petit's Berechnung 3900 Meter, und ihr Abstande von der Erde im Augenblicke des Verlöschens 91 Meilen. (Compt. rend. Bd. 19.)

1841, 8. Oct. Prächtige Feuerkugel mit Lichtschweif in Dijon; ihr scheinbarer Durchmesser war von der Größe der Mondscheibe. (Compt. rend. Bd. 13.)

1842, 3. Juni. Feuerkugel in Mende, Toulouse und Montpellier, von NW. nach SO. gehend; ihr Abstand von der Erde betrug nach Petit's Berechnung im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens 57 Meilen, und $2^1/_2$ Meilen im Augenblicke ihres Verlöschens; ihre Geschwindigkeit belief sich auf 9 Meilen in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 16.)

1842, 5. Dec. Feuerkugel zu Epinal (Dep. der Vogesen) mit Meteorsteinfall (S. 170).

1844, 10. Sept. Feuerkugel zu Benfeld (Dep. Unterrhein), Hasselt und Brügge. (Compt. rend. Bd. 19.)

1844, 8. Oct. Von SSW. nach NNO. ziehende Feuerkugel

in der Nähe von le Puy (Dep. Haute-Loire) mit kleinem Lichtschweife. (Compt. rend. Bd. 19.)

1844, 27. Oct. Feuerkugel zu Parcé (Dep. Sarthe) und zu le Blanc (Dep. Indre), die nach Petit's Berechnungen eine Geschwindigkeit von 9 Meilen in der Secunde besaß, im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens 64 Meilen und im Augenblicke ihres Verlöschens $1^1/_2$ Meile von der Erde entfernt war. (Compt. rend. Bd. 19 u. 20.)

1844, 12. Dec. Von N. nach S. gehende Feuerkugel zu Limour. (Compt. rend. Bd. 20.)

1846, 10. Febr. Außerordentlich große Feuerkugel zu Caraman (Dep. der obern Garonne). (Compt. rend. Bd. 22.)

1846, 21. Febr. Feuerkugel zu Collioure (Dep. Ostpyrenäen), bestehend aus zwei großen leuchtenden Bällen, die sich fast zu berühren schienen und in der Richtung von NO. nach SW. ihren Lauf nahmen. (Compt. rend. Bd. 22.)

1846, 1. März. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Toulouse. (Compt. rend. Bd. 22.)

1846, 21. März. Von S. nach N. gehende Feuerkugel in dem Dep. der obern Garonne und des Ariége. Nach Petit betrug ihr Abstand von der Erde ungefähr $1^1/_2$ Meile, und ihre Geschwindigkeit fast 1 Meile in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 22 und 23.)

1846, 23. Juli. Feuerkugel zu Toulouse, Cazères, Auch und Pau; nach Petit war sie von der Erde $5^1/_2$ Meilen entfernt, besaß einen wirklichen Durchmesser von 98 Meter und bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1 Meile in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 25.)

1846, 9. Oct. Feuerkugel zu Paris und la Ferté-sous-Jouarre (Dep. Seine et Marne). Ihr scheinbarer Durchmesser glich dem der Mondscheibe, und ihr Lauf war längs des Meridians gegen S. gerichtet. (Compt. rend. Bd. 23.)

1846, 9. Oct. Feuerkugel in der Nähe von Paris, zu Chartres, Orleans und Troyes, die fast von O. nach W. zog und mit Explosion verschwand. (Compt. rend. Bd. 23.)

1846, 17. Oct. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel zu Dijon (Dep. Côte d'Or) und zu Hanau. (Compt. rend. Bd. 23.)

1846, 9. Nov. Feuerkugel zu Dijon. (Compt. rend. Bd. 23.)

1847, 29. Juni. Feuerkugel zu Parma. (Colla.)

1847, 17. Aug. Feuerkugel zu Paris. (Compt. rend. Bd. 25.)

1847, 19. Aug. Feuerkugel zu Paris und Dieppe mit leuchtendem Schweife. Nach Petit betrug ihr Abstand von der Erde im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens 27 Meilen, und $8^1/_2$ Meilen im Augenblicke ihres Verlöschens; ihre absolute Geschwindigkeit stieg auf $8^1/_2$ Meile in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 25.)

1848, 22. Febr. Feuerkugel zu Paris. (Compt. rend. Bd. 26.)

1850, 31. Jan. Feuerkugel zu Cherbourg mit leuchtendem Schweife. (Compt. rend. Bd. 30.)

1850, 5. Juni. Feuerkugel zu Paris, Rouen, Caen, Provins, Meaux, le Havre u. a. O. Nach Petit war sie von der Erde 6 bis 7 Meilen entfernt, bewegte sich mit einer relativen Geschwindigkeit von 3 Meilen, und mit einer absoluten Geschwindigkeit von $5^1/_2$ Meilen in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 36.)

1850, 6. Juni. Feuerkugel zu Dijon mit einer Explosion, die in einem Kreise von mehr als 12 Meilen Halbmesser gehört wurde. (Compt. rend. Bd. 31.)

1850, 22. Juni. Feuerkugel mit Explosion zu Oviedo in Spanien. (Compt. rend. Bd. 31.)

1850, 6. Juli. Von NNW. nach SSO. ziehende Feuerkugel zu Bordeaux und Toulouse. Bei ihrem Sichtbarwerden war sie nach Petit 32 Meilen und bei ihrem Verlöschen 16 Meilen von der Erde entfernt; ihr wahrer Durchmesser betrug 215 Meter und ihre absolute Geschwindigkeit $9^1/_2$ Meilen in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 35.)

1850, 8. Juli. Feuerkugel zu Toulouse. (Compt. rend. Bd. 31.)

1851, 21. Aug. und ebenso 18. Nov. Feuerkugel zu Cherbourg. (Compt. rend. Bd. 33.)

1852, 2. April. Feuerkugel zu Toulouse. Nach Petit's Berechnung betrug ihr Abstand von der Erde ungefähr 2 Meilen, ihr wirklicher Durchmesser 32 Meter, ihre absolute Geschwindigkeit im Raume $3^1/_2$ Meilen in der Secunde, und ihre relative Geschwindigkeit in Bezug auf den Mittelpunkt der Erde $1^3/_4$ Meilen. (Compt. rend. Bd. 35.)

1852, 11. Mai. Vom S. nach N. ziehende Feuerkugel zu Dieppe. (Compt. rend. Bd. 34.)

1852, 5. Oct. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife zu Namur. (Quetelet.)

Den in diesem Verzeichnisse aufgeführten Feuerkugeln müssen noch diejenigen hinzugefügt werden, welche in Paris von Coulvier-Gravier gesehen worden sind, der seit acht Jahren mit der lobenswerthesten Ausdauer alle seine Nächte zur Aufsuchung von Sternschnuppen und andern feurigen Meteoren verwendet *).

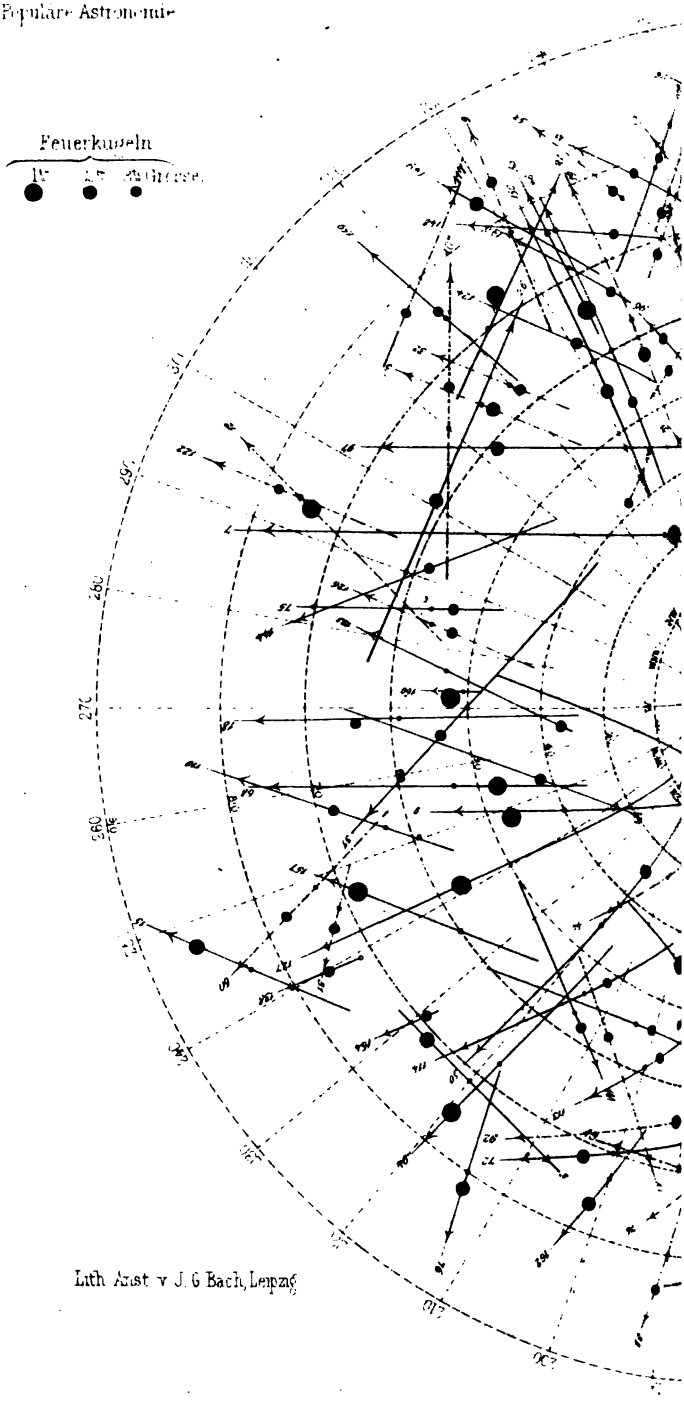
[Die Zahl der von Coulvier-Gravier beobachteten Feuerkugeln beläuft sich auf 168; der Glanz der größten erreichte fast den sechsfachen der Venus; 101 zeigten mehr oder weniger breite und dauernde Schweife, und 20 zersprangen in Stücke. Coulvier-Gravier ist der Ansicht, daß aus seinen Beobachtungen in dem Erscheinen der Feuerkugeln eine Verschiedenheit je nach den Tagesstunden folge: die Anzahl der in der Nähe von 6 Uhr Morgens gesehenen Feuerkugeln würde drei Mal so groß sein als die Anzahl der in der Nähe von 6 Uhr Abends beobachteten. Auch für die Sternschnuppen glaubt er eine solche nachgewiesen zu haben.

Die Fig. 327 (S. 224) gibt die Positionen aller dieser Feuerkugeln am Himmel von Paris, so wie ihre Richtungen und Größen an. Die Kugeln dritter Größe übertreffen an Glanz eben noch Sirius, Jupiter und Venus; die Kugeln erster Größe besitzen einen doppelt so großen; und zwischen beiden liegen die Kugeln zweiter Größe. Coulvier hat 31 Feuerkugeln erster, 39 zweiter und 98 dritter Größe beobachtet. Selbstverständlich bezieht sich die Größe hier nur auf den Ort des Beobachters; eine nahe am Zenith sichtbare Feuerkugel erster Größe würde viel weniger glänzend erscheinen, wenn sie in der Nähe des Horizontes beobachtet würde.

Zum Verständniß der Figur 327, in welcher der Mittelpunkt den Zenith des Beobachters und der Rand den sichtbaren Horizont bedeu-

*) Um das allgemeine Verzeichniß der populären Astronomie zu vervollständigen, füge ich hier, der Absicht Arago's gemäß, einen Auszug aus dem in den Annal. de chim. et de phys. 3. Sér. Bd. 40 erschienenen Verzeichnisse der von Coulvier-Gravier von 1841 bis 1853 beobachteten Feuerkugeln bei.

Nr.	Datum.		Bemerkungen.
77.	25. Januar	1849.	
78.	13. Februar	1849.	
79.	4. Mai	1849.	
80.	11. August	1849.	
81.	8. September	1849.	
82.	9. September	1849.	
83.	18. September	1849.	
84.	21. September	1849.	
85.	17. October	1849.	
86.	19. October	1849.	
87.	23. October	1849.	
88.	12. Juli	1846.	Schweif; Zerſpringen in Stücke
89.	8. December	1847.	Schweif; zweimaliges Zerſpringen in Stücke.
90.	16. Mai	1850.	
91.	3. Juni	1850.	Schweif.
92.	9. Juni	1850.	
93.	12. Juli	1850.	
94.	15. Juli	1850.	Schweif; Stillſtand.
95.	15. Juli	1850.	
96.	30. Juli	1850.	
97.	3. August	1850.	Schweif.
98.	8. August	1850.	
99.	9. August	1850.	Schweif.
100.	10. August	1850.	
101.	10. August	1850.	
102.	10. August	1850.	Schweif.
103.	11. August	1850.	Schweif.
104.	12. August	1850.	Aus kleinen Kugeln beſtehend.
105.	14. August	1850.	Schweif.
106.	14. August	1850.	
107.	18. September	1850.	
108.	11. October	1850.	
109.	17. October	1850.	
110.	29. October	1850.	Schweif.
111.	8. November	1850.	
112.	10. November	1850.	
113.	14. November	1850.	Schweif.
114.	14. November	1850.	Schweif.
115.	15. November	1850.	
116.	15. November	1850.	Schweif.



Lith Anst v J. G Bach, Leipzig

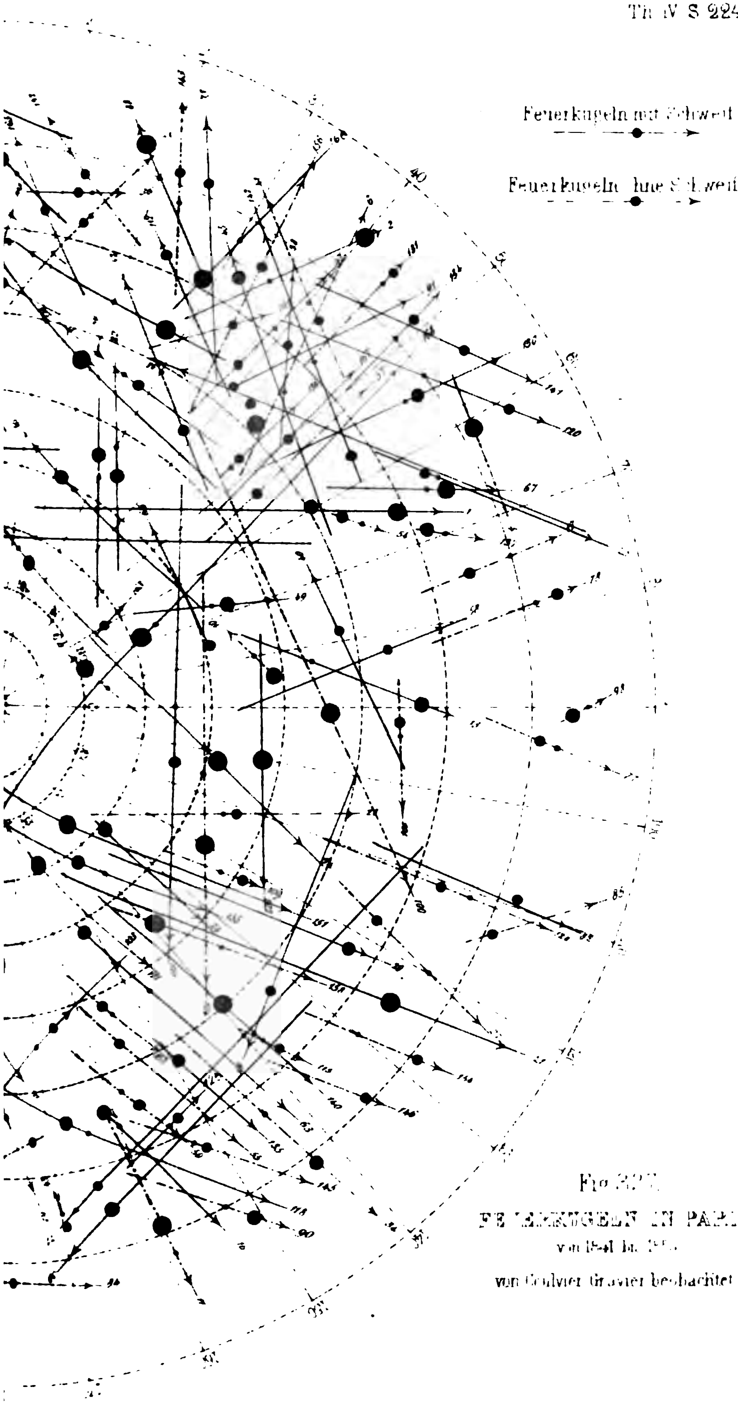


Fig. [illegible]

FEUERKUGELN IN PARIS

von 1841 bis [illegible]

von Coulvier Gravier beobachtet

Nr.	Datum.		Bemerkungen.
117.	3. December	1850.	
118.	6. December	1850.	Schweif.
119.	6. December	1850.	Schweif.
120.	21. December	1850.	Schweif.
121.	2. Januar	1851.	Schweif.
122.	30. Januar	1851.	
123.	4. Februar	1851.	Schweif.
124.	18. Februar	1851.	Schweif; Stillſtand; Zerſpringen in Stücke.
125.	19. Juni	1851.	
126.	29. Juni	1851.	
127.	6. Juli	1851.	Schweif; Stillſtand.
128.	7. Juli	1851.	
129.	30. Juli	1851.	Schweif.
130.	30. Juli	1851.	Schweif.
131.	3. Auguſt	1851.	
132.	4. Auguſt	1851.	Schweif.
133.	5. Auguſt	1851.	Schweif.
134.	5. Auguſt	1851.	Schweif.
135.	5. Auguſt	1851.	Schweif.
136.	6. Auguſt	1851.	Schweif.
137.	6. Auguſt	1851.	Schweif.
138.	6. Auguſt	1851.	
139.	10. Auguſt	1851.	Schweif.
140.	12. Auguſt	1851.	Schweif.
141.	15. Auguſt	1851.	Schweif.
142.	22. Auguſt	1851.	Schweif.
143.	13. November	1851.	
144.	12. December	1851.	Schweif.
145.	26. Januar	1852.	
146.	22. Juli	1852.	
147.	22. Juli	1852.	Schweif.
148.	23. Juli	1852.	Schweif.
149.	12. Auguſt	1852.	Schweif.
150.	5. October	1852.	Schweif; Zerſpringen in Stücke.
151.	24. November	1852.	Schweif; Zerſpringen in Stücke.
152.	8. December	1852.	
153.	10. December	1852.	
154.	10. December	1852.	Stillſtand.
155.	28. December	1852.	Schweif; dreimaliger Stillſtand; Zerſpringen in Stücke.

Nr.	Datum.		Bemerkungen
156.	13. Mai	1853.	
157.	2. Juli	1853.	Schweif.
158.	1. Auguſt	1853.	
159.	2. Auguſt	1853.	Schweif.
160.	7. Auguſt	1853.	
161.	8. Auguſt	1853.	Schweif.
162.	9. Auguſt	1853.	Schweif.
163.	10. Auguſt	1853.	Schweif.
164.	10. Auguſt	1853.	Schweif.
165.	10. Auguſt	1853.	Schweif.
166.	11. Auguſt	1853.	Schweif; Zerſpringen in Stücke.
167.	12. Auguſt	1853.	Schweif.
168.	2. September	1853.	Schweif.

Coulvier-Gravier hat weder beim Erſcheinen einer der vorhergehenden Feuerkugeln, noch im Momente des Zerplatzens, wo dies vorkam, ein Geräuſch gehört.]

Wenn wir ebenſo, wie oben bei den Aerolithen, auch für die Feuerkugeln diejenigen Beobachtungen zuſammenſtellen, wo zuverläſſige Zeitangaben vorliegen, ſo finden wir 813 ſolcher Meteore; das nachſtehende Verzeichniß gibt an, in welcher Weiſe dieſelben ſich unter die 12 Monate des Jahres vertheilen:

Januar . . .	55
Februar . . .	57
März	48
April	52
Mai	50
Juni	43
Juli	74
Auguſt . . .	123
September . .	64
October . . .	77
November . . .	90
December . . .	80

Die monatliche Durchſchnittszahl würde 68 ſein; die Zahlen der erſten 6 Monate des Jahres liegen unter dieſem Mittel, während die Zahlen der übrigen 6 Monate, jedoch mit Ausnahme des Septembers, daſſelbe übertreffen.

Wir finden also dasselbe Resultat, wie bei der Zusammenstellung der Aerolithenfälle nach Monaten; nur tritt das Gesetz des Phänomens in bestimmterer Weise hervor, was man dem Umstande zuschreiben kann, daß die Beobachtungen von Feuerkugeln viel zahlreicher sind, als die Beobachtungen von Meteorsteinen. Bei ihrem Umlaufe um die Sonne trifft die Erde also mehr Feuerkugeln an auf dem Wege von ihrem Aphelium zu ihrem Perihelium, als auf der Strecke von ihrem Perihelium zu ihrem Aphelium.

Unter der Zahl von 813 Feuerkugeln, deren Beobachtungen in wissenschaftlichen Zeitschriften verzeichnet worden sind, finden sich 35, welche Aerolithen erzeugt haben, deren Niederfallen vor Zeugen erfolgt ist. Ungeachtet der Kleinheit des Verhältnisses zwischen diesen beiden Zahlen kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß der Ursprung beider Phänomene ein und derselbe sei. Indeß sind gewisse Meteorsteinfälle eingetreten, ohne daß leuchtende Feuerkugeln zuvor wahrgenommen wurden; die Steine sind bisweilen, wie z. B. der große Aerolith zu Klein-Wenden am 16. Sept. 1843 (S. 170), bei völlig heiterem Himmel herabgefallen. In andern Fällen dagegen sind die Aerolithen herabgestürzt infolge von heftigen Explosionen, die aus kleinen dunklen, plötzlich am heitern Himmel erscheinenden Wolken kamen, wie dies z. B. bei dem Meteorsteinfalle von Braunau am 14. Juli 1847 (S. 170) geschah.

Das Erscheinen von Feuerkugeln ist stets zufällig und überrascht den Beobachter; dieser Umstand macht es sehr schwierig, genaue Angaben über alle Vorgänge zu erhalten, die zur Festsetzung ihrer wirklichen Dimensionen, ihrer Höhe, Richtung und Geschwindigkeit dienen könnten. Sollen die Rechnungen eine genaue Bestimmung der durchlaufenen Bahn gestatten, so ist unbedingtes Erforderniß, daß die Erscheinung von zwei hinreichend von einander entfernten Stationen beobachtet wird, damit die Parallaxe eine hinreichende Größe erlangt, um allzu beträchtliche Fehler auszuschließen. Manche Astronomen sind der Ansicht gewesen, daß die Feuerkugeln als Satelliten unseres Planeten zu betrachten seien, daß sie sich mit außerordentlicher Geschwindigkeit um die Erde bewegen, und zu wiederholten Malen beobachtet werden können. In den letzten Jahren hat Petit, Director der

touloufer Sternwarte, mit großer Ausdauer die nach der eben ausgesprochenen Hypotheſe von den hauptſächlichſten Feuerkugeln, über welche er Angaben von einer gewiſſen Präciſion hat erlangen können, durchlaufenen Bahnen zu berechnen verſucht. Dieſe Unterſuchung verdient weiter verfolgt zu werden. Wenn es auch einerſeits keinem Zweifel unterliegt, daß mehrere Feuerkugeln bis zur Oberfläche unſeres Planeten herabgefallen ſind, und von da an einen Theil des Erdkörpers ausgemacht haben, ſo darf man andererſeits nicht behaupten, daß allen daſſelbe Schickſal zu Theil geworden ſei. Die beträchtlichen Höhen, in denen manche dieſer Meteore erſcheinen und verſchwinden, ſind ein Gegenſtand des Erſtaunens, wenn man ſich über den Grund ihrer plötzlichen Entzündung Rechenſchaft zu geben ſucht. Wenn es durch Rechnungen, wie die von Petit ausgeführten, gelänge, die Richtung, Geſchwindigkeit und alle Elemente der Bahnen einiger Feuerkugeln zu beſtimmen, ſo würde zur Erklärung eines der geheimnißvollſten kosmiſchen Phänomene viel gewonnen ſein. Um ein ſolches Reſultat zu erzielen, müſſen die Beobachtungen vervielfältigt, und überhaupt genauer als alle bis jetzt vorliegenden angeſtellt werden.

In Ermangelung genauer Werthe mögen hier die Höhen von einigen Feuerkugeln ſtehen, für welche die Durchführung wenigſtens approximativer Berechnungen möglich geweſen iſt.

Datum.		Abſtände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens in Meilen.	Abſtände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Verſchwindens in Meilen.
21. März	1846.	1½	—
2. April	1852.	2	—
15. Auguſt	1754.	3	—
14. December	1807.	3½	—
13. November	1803.	4½	—
23. Juli	1846.	5½	—
19. Juli	1686.	6	—
5. Juni	1850.	6½	—
31. Juli	1708.	9	—
4. October	1783.	9	—
11. September	1784.	9	—
31. October	1779.	12	—
18. Auguſt	1783.	12	—

Datum.		Abstände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens in Meilen.	Abstände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Verschwindens in Meilen.
15. Mai	1811.	$15^1/_2$	—
24. Juli	1762.	$17^1/_2$	$3^1/_2$
9. Februar	1841.	19	—
19. August	1847.	27	$8^1/_2$
6. Juli	1850.	32	16
4. Januar	1837.	34	—
31. März	1676.	35	—
3. Juni	1842.	37	$2^1/_2$
19. März	1718.	$59^1/_2$	—
27. October	1844.	64	$1^1/_2$
18. August	1841.	—	91

Die meisten dieser Höhen übertreffen bei weitem die Grenzen, welche man mit Rücksicht auf die Dauer der Dämmerungserscheinungen unserer Atmosphäre beizulegen sich veranlaßt sieht (Bd. 13, S. 149). Daraus folgt also, daß das plötzliche Erglühen der Feuerkugeln weit jenseit der Grenzen eintritt, wo nach den jetzt geltenden Ansichten die atmosphärischen Schichten dergestalt verdünnt sind, daß man daselbst jede Einwirkung ihrer Elemente auf die Materie der Feuerkugeln als unmöglich betrachten muß.

Man darf übrigens die Größe der Feuerkugeln nicht nach den kleinen Dimensionen der Aerolithen, die nach der Explosion von Feuermeteoren auf der Erdoberfläche aufgefunden worden sind, beurtheilen. Wie die folgenden Angaben lehren, überschreiten die wahren Durchmesser gar sehr die Größen der Meteorsteine. Man muß freilich einräumen, daß diese Durchmesser durch Rechnungen erhalten wurden, welche auf Beobachtungen von zweifelhafter Genauigkeit beruhen.

Datum.		Wahre Durchmesser.
2. April	1852.	32 Meter
23. Juli	1846.	98 "
6. Juli	1850.	215 "
4. Januar	1837.	2200 "
19. März	1718.	2560 "
18. August	1841.	3900 "

Existirt in allen großen leuchtenden Kugeln ein fester Kern? besitzen sie eine Art brennbare Atmosphäre, die sogar explodirt, wenn

dieſe Körper ſich der Erde nähern? kann vielleicht die Geſchwindigkeit, mit welcher ſie ſich bewegen, zur Erklärung ihres ſo plötzlichen Erglühens dienen? Dies ſind ebenſo viele Fragen, deren Löſung die Zukunft allein zu bringen vermag. Die nachfolgende Tabelle gibt die berechneten Geſchwindigkeiten derjenigen Feuerkugeln, deren Bahnen haben beſtimmt werden können.

Datum.	Geſchwindigkeiten in der Secunde.
19. März 1718.	2700 Meter
14. December 1807.	4500 "
31. März 1676.	5000 "
4. Januar 1837.	5200 "
21. März 1846.	8000 "
23. Juli 1846.	8000 "
19. März 1718.	9000 "
6. oder 13. November 1803.	13000 "
4. October 1783.	19000 "
2. April 1852.	28000 "
26. November 1758.	40000 "
5. Juni 1850.	44000 "
19. Auguſt 1847.	68000 "
3. Juni 1842.	72000 "
27. October 1844.	72000 "
6. Juli 1850.	76000 "

Ich erinnere daran, daß die Umdrehungsgeſchwindigkeit der Erde für einen im Aequator gelegenen Punkt 464 Meter, und die Geſchwindigkeit der Erde in ihrer Bahn 30400 Meter in der Secunde beträgt. Wie man ſieht, bewegen ſich mehrere der beobachteten Feuerkugeln im Raume mit einer größern Geſchwindigkeit als die Planeten. Als letzte Eigenthümlichkeit iſt anzumerken, daß die Richtung ihrer Bewegung im Allgemeinen der der Erde entgegengeſetzt iſt.

Wollte man ſelbſt einen großen Theil der Geſchwindigkeiten der Feuerkugeln für eine Täuſchung halten, für eine Wirkung der Fortbewegung der Erde in ihrer Bahn, ſo bleiben für die wahren Geſchwindigkeiten dieſer Meteore doch noch hinreichend große Zahlen übrig, wonach man die Feuerkugeln als mit einer ſo großen Geſchwindigkeit im Raume begabt betrachten darf, daß man die Möglichkeit einer ewigen Fortdauer ihres Laufes durch den Raum zugeben muß.

Obgleich dieſe kosmiſchen Maſſen in der Nähe unſerer Atmoſphäre vorbeigehen, ſo erleiden ſie doch meiſtens von der Anziehung der Erde keine weitere Einwirkung, als eine Aenderung in den Excentricitäten ihrer Bahnen.

Sechſtes Kapitel.

Sternſchnuppen.

Seit ungefähr einem halben Jahrhundert hat man es ſich angelegen ſein laſſen, einige Sternſchnuppenerſcheinungen mit Sorgfalt zu beobachten. In dem Maaße, als die Beobachtungen ſtrenger und weiter fortgeſetzt ſind, hat man eingeſehen, wie ſehr dieſe ſo lange mit Geringſchätzung behandelten Phänomene, dieſe angeblich atmoſphäriſchen Meteore, dieſe ſogenannten Streifen entzündeten Waſſerſtoffs Aufmerkſamkeit verdienen. Ihre Parallaxe hat ſie ſchon weit jenſeit der wahrnehmbaren Grenzen unſerer Atmoſphäre geſtellt; man hat erkannt, daß ſie, wenn ſie ſich beim Annähern an die Erde entzünden, nicht in den luftförmigen Schichten derſelben entſtanden ſind, ſondern von außen kommen, indem ſie eine Richtung verfolgen, welche der Fortbewegung der Erde in ihrer Bahn diametral entgegengeſetzt zu ſein ſcheint.

Die Beobachter von Sternſchnuppen müſſen ſich beſtreben die Zeit des Sichtbarwerdens eines jeden Phänomens, ſo wie angenähert ſeine Winkelhöhe über dem Horizonte und die Richtung ſeiner Bewegung aufzuzeichnen. Werden dieſe Meteore auf die Hauptſterne derjenigen Sternbilder bezogen, welche ſie durchfliegen, ſo dürften die verſchiedenen Fragen, welche die Beſtimmung ihrer Bahnen, die Häufigkeit und die Periodicität ihres Erſcheinens veranlaßt, leicht beantwortet werden können.

Wenn mehrere an verſchiedenen hinreichend weit von einander entfernten Orten aufgeſtellte Beobachter die zuvor erwähnten Umſtände mit Genauigkeit aufzeichnen, ſo iſt es möglich, einzelne Sternſchnuppen herauszufinden, welche in demſelben Augenblicke auf 2, 3 und ſelbſt noch mehreren dieſer Stationen geſehen worden ſind, und dadurch

ihre wahre Höhe ohne Schwierigkeit durch Rechnung zu ermitteln. Von 1798 an führten Brandes und Benzenberg in solcher Weise Beobachtungen in der Nähe von Göttingen aus. Derselbe Versuch wurde in den Jahren 1800 und 1801 in England von John Farey und Benjamin Bevan (jedoch in zu kleinem Abstande), und in Deutschland von Brandes, Benzenberg, Harding und Pottgießer zwischen Hamburg und Bremen wiederholt. Im Jahre 1817, und später 1823 verband sich Brandes, der mit dem rühmlichsten Eifer sich der Erforschung dieses Gegenstandes gewidmet hat, mit einer Reihe von Männern, um von Neuem zu Breslau, Dresden, Leipa, Brieg, Grebnitz, Berlin, Krakau u. a. O. zu beobachten. 1824 stellte Quetelet in Belgien eine Reihe ähnlicher Beobachtungen an. Mit Hülfe mehrerer Physiker erhielt 1825 Erman in Berlin und Potsdam eine neue Reihe gleichzeitiger Beobachtungen. Endlich führte Brandes 1833, ein Jahr vor seinem Tode, mit einigen Mitarbeitern eine letzte Beobachtungsreihe zu Leipzig, Weimar, Gera und Breslau aus. Aus allen diesen Beobachtungen hat sich ergeben, daß gewisse Sternschnuppen in einer Höhe von ungefähr 100 Meilen über der Erde, einzelne aber auch in einer noch nicht 1 Meile betragenden Höhe erschienen sind; daß sie ferner manchmal 40 Meilen zurücklegen, bevor sie erlöschen, und sich mit Geschwindigkeiten von $1^1/_2$ bis 4 Meilen in der Secunde bewegen.

Es gibt keine Nacht, in der nicht Sternschnuppen sich zeigten. Wenn es für einen Beobachter, der nicht continuirlich sich mit Beobachtungen dieser Phänomene beschäftigt, schwierig ist, in den gewöhnlichen Fällen ihre größere oder geringere Häufigkeit zu erkennen, so erscheinen doch bisweilen die Sternschnuppen so zahlreich und gleichzeitig an so viel Stellen des Himmels, daß es fast unmöglich wird, sie zu zählen. Diese Thatsache führt naturgemäß den Astronomen zur Annahme zweier Arten von Sternschnuppen. Sporadische heißen die vereinzelt und selten fallenden; diejenigen, welche in Gruppen oder in Bienen- und Heuschreckenschwärmen vergleichbaren Mengen erscheinen, hält man für periodische.

Die Geschichte der Wissenschaften hat ohne Schwierigkeit die besonders auffallenden Erscheinungen dieser Art verzeichnen können; es

bedarf aber anhaltender Beobachtungen, um einiges Licht auf die Geſammtheit dieſer merkwürdigen Phänomene zu werfen. Die verdienſtvollen Arbeiten ſeit dem Anfange dieſes Jahrhunderts von Brandes, Benzenberg, Olbers und Beſſel, ſpäter von Erman, Boguslawski, Quetelet, Feldt, Houzeau, Coulvier-Gravier, Saigey, Heis, Schmidt u. A. haben endlich in dieſe Meteore, deren Unbeſtändigkeit ſprüchwörtlich geworden war, eine gewiſſe Ordnung gebracht.

Um bei den gewöhnlichen Erſcheinungen eine Vergleichung der Sternſchnuppen ihrer Zahl nach möglich zu machen, mußte nothwendig beſtimmt werden, wie viel ſolcher Phänomene ſich überhaupt zu jeder Zeit des Jahres beobachten laſſen. Unterſuchungen von Coulvier-Gravier, Saigey, Schmidt und Heis haben dieſe letztere Frage gelöſt; den Schriften meiner Freunde v. Humboldt und Quetelet verdanken wir beſonders genaue Angaben über die großen Erſcheinungen.

Man ſieht leicht, daß die Zahl der Sternſchnuppen, die ein an einem beſtimmten Orte aufgeſtellter Beobachter wahrnehmen kann, von dem gewöhnlichen oder mittleren Zuſtande der Atmoſphäre dieſes Ortes abhängen und zugleich mit der Sehkraft des Beobachters ſich ändern wird.

Herrick, der zu New-Haven in Connecticut zahlreiche Sternſchnuppenbeobachtungen ausgeführt hat, ſetzt die Mittelzahl von Sternſchnuppen in der Stunde bei gewöhnlichem Zuſtande der Luft und bei vier Beobachtern, deren jeder ſeine Aufmerkſamkeit auf ein Viertel des Himmels richtet, auf 30 feſt. Er hat auszumitteln geſucht, wie viel Perſonen an jedem Orte der Erde ihre Anſtrengungen würden vereinigen müſſen, um ſicher zu ſein, keine vorkommende Sternſchnuppe unbemerkt vorüber gehen zu laſſen; es ſchienen 9 zu genügen. Auch hat er die mittlere Anzahl von Sternſchnuppen, welche binnen 24 Stunden erſcheinen, mit Ausſchluß der Auguſt- und Novemberperioden, zu ſchätzen verſucht; darnach würden täglich (?) drei Millionen dieſer Meteore in die Erdatmoſphäre eindringen. Coulvier-Gravier gibt 6 als den ſtündlichen Mittelwerth der Sternſchnuppen, welche zwei unter freiem Himmel in Paris aufgeſtellte Beobachter in jeder Stunde wahrnehmen können, was ungefähr 53000 im Jahre macht.

Coulvier-Gravier und Saigey glauben als Reſultat ihrer Beob-

achtungen annehmen zu dürfen, daß die Zahl der ſporadiſchen Sternſchnuppen von einer Stunde zur andern ſich ändere, und gegen Morgen ein Maximum werde; ſie ſind daher der Anſicht, daß man alle Beobachtungen, um ſie unter einander vergleichbar zu machen, auf Mitternacht reduciren müſſe. In der folgenden Tabelle findet man die von dieſen Beobachtern für die einzelnen Monate gegebenen Zahlen, ſowie auch diejenigen, welche aus den gleichfalls anhaltenden Beobachtungen von Schmidt (damals in Bonn) ſich ergeben. Nach dieſem letztern Beobachter beträgt das ſtündliche Mittel der ſporadiſchen Sternſchnuppen 4 bis 5.

Monat.	Monatliche Mittelzahl der ſtündlich beobachteten Sternſchnuppen für Mitternacht nach Coulvier-Gravier und Saigey.	Monatliche Mittelzahl der ſtündlich beobachteten Sternſchnuppen nach Schmidt.
Januar	3,6	3,4
Februar	3,6	?
März	2,7	4,9
April	3,7	2,4
Mai	3,8	3,9
Juni	3,2	5,3
Juli	7,0	4,5
Auguſt	8,5	5,3
September	6,8	4,7
October	9,1	4,5
November	9,5	5,3
December	7,2	4,0

Trotz der Abweichungen zwiſchen den vorſtehenden Zahlen ergibt ſich doch aus ihnen im Ganzen, daß offenbar mehr Sternſchnuppen erſcheinen, während die Erde ſich von ihrem Aphelium zu ihrem Perihelium, oder vom Sommerſolſtitium zum Winterſolſtitium bewegt, als während ihres Laufes vom Perihelium zum Aphelium, alſo ein gleiches Reſultat, wie uns bereits die Meteorſteine und Feuerkugeln geliefert haben.

Beim Durchſuchen der chineſiſchen Annalen ſeit den entlegenſten Zeiten iſt Ed. Biot zu einem ähnlichen Schluſſe, wie der von uns ſoeben ausgeſprochene, gelangt. Mittelſt ſehr zweckmäßigen Gebrauchs von graphiſchen Darſtellungen hat er außerdem auch den ungeübte-

ſten Augen das Vorhandenſein zweier Maxima in dem Erſcheinen von Sternſchnuppen ſichtbar gemacht; das eine entſpricht einer zwiſchen dem 18. und 27. Juli (julianiſcher Kalender) liegenden Epoche; das andere fällt zwiſchen den 11. und 20. October. Beim bloßen Anblicke einer dieſer Figuren, welche unter Fig. 328 hier abgedruckt iſt, und die Zahlen der von 960 bis 1275 unſerer Zeitrechnung beob-

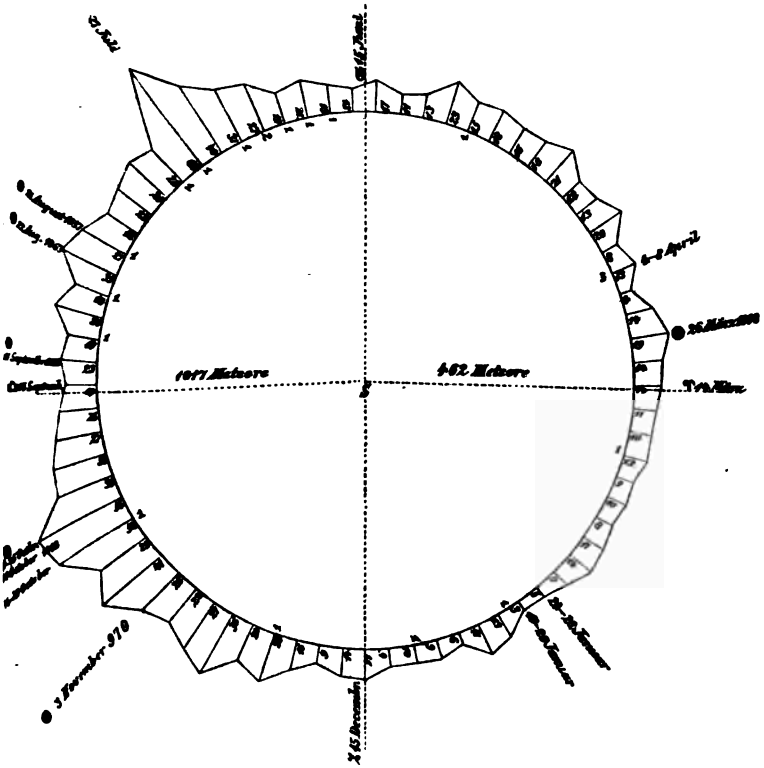


Fig. 328. — Kreisförmige Darſtellung der Zahlen von beobachteten Feuermeteoren in Gruppen von fünf Tagen zwiſchen den Jahren 960—1275*).

*) Die Zeichen der Aequinoctien und Solſtitien beziehen ſich auf die Stellungen der Erde. Das Zeichen ● bedeutet eine Erſcheinung in Maſſe oder einen Strom oder Schwarm von Sternſchnuppen; die im Innern des Umfangs befindlichen Zahlen geben die am Tage geſehenen Meteore an.

achteten Feuermeteore darſtellt, erkennt man ſogleich, daß in China vom Winterſolſtitium bis zum Sommerſolſtitium viel weniger Sternſchnuppen und Feuerkugeln geſehen worden ſind, als vom Sommerſolſtitium bis zum Winterſolſtitium. In dem erſten Zeitraume ſteigt die Geſammtzahl der Beobachtungen auf 462, im zweiten dagegen auf 1017. Dieſe Reſultate ſtimmen, was die Zeiträume der Maxima und Minima betrifft, mit dem überein, was in Deutſchland durch Discuſſion der ſämmtlichen neuern Beobachtungen gefunden worden iſt. Die Uebereinſtimmung erſtreckt ſich ſelbſt bis auf das numeriſche Verhältniß der beiden Zahlen, wenn man ſie mit den Reſultaten der ſchätzbaren Tabellen vergleicht, welche Coulvier-Gravier aus ſeinen eigenen Unterſuchungen hergeleitet hat, und die durch den unermüdlichen Eifer dieſes Beobachters jedes Jahr größeres Intereſſe gewinnen.

In derſelben Abhandlung Ed. Biot's über die in China gemachten Beobachtungen von Sternſchnuppen findet man auch Erſcheinungen derſelben in großer Menge verzeichnet; aber ebenſo wie in Europa, haben auch dort dieſe Phänomene bisweilen eine lange Reihe von Jahren gefehlt.

Die außerordentlichen Sternſchnuppenſtröme, ſoweit ſolche durch die Beobachter aufgezeichnet worden ſind, vertheilen ſich in folgender Weiſe unter die verſchiedenen Monate des Jahres, wenn alle Angaben auf den gregorianiſchen Kalender reducirt werden.

Januar.

849, den 2. „Man ſieht ſchreckenerregende feurige Lanzen (lances) gegen Nord und Oſt.“ (Catalog von Chasles.)

1835 und 1838, den 2. Außerordentliche Erſcheinung in der Schweiz. (Quetelet.)

1839, den 2. Beobachtung zahlreicher Sternſchnuppen zu Boſſekop von Bravais während ſeiner Reiſe nach dem Nordpol. (Quetelet.)

1840, den 2. Zahlreiche Sternſchnuppen in Belgien. (Quetelet.)

765, den 3. In China Erſcheinen von Sternſchnuppen in großer Menge. (Ed. Biot.)

745, den 4. „Man ſieht in ganz England feurige Strahlen von einem in dieſer Zeit ganz ungewöhnlichen Glanze, wie man ſie auch früher niemals geſehen hatte.“ (Al. Perrey, Compt. rend. de l'Acad. des Scienc. Bd. 14.)

765, den 4. „Man sieht in der Luft Feuerstreifen, wie man sonst nicht gesehen hatte." (Al. Perrey.)

1665, den 9. „Beim Aufgehen des Nordlichtes sah man während eines starken Frostes feurige Streifen vom Himmel fallen." (Quetelet.)

308, den 20. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

Nach diesen Angaben dürfte es scheinen, als ob man eine Periode von zahlreichen Sternschnuppen zwischen dem 1. bis 4. Jan. zu suchen hätte.

Februar.

Von den Chronisten sind für den Monat Februar die folgenden außerordentlichen Sternschnuppenerscheinungen verzeichnet worden.

814. Eine Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

836. „Wunderbare feurige Lanzen, von Ost nach West gerichtet, erscheinen am Himmel." (Chasles.)

839. „Man sieht mehrere Male am Himmel feurige Lanzen von verschiedenen Farben." (Chasles.)

36, den 6. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

918, den 7. Feurige Lanzen von verschiedenen Farben erscheinen am Himmel und fliegen hinter einander her. (Chasles.)

919, den 7. „Feurige Lanzen von verschiedenen Farben erscheinen fast während der ganzen Nacht am Himmel." (Chasles.)

913, den 8. „Ein großes Wunder hat sich ereignet; die Sterne flogen auf eine merkwürdige Weise." (Chasles.)

1106, den 19. „Man sah in Italien einige Sternschnuppen während des Tages; bald flogen sie hinter einander her, bald fielen sie zur Erde." (Historia ecclesiastica Magdeburgensis.)

937, den 20. „Vom Hahnenschrei bis zum Tage erschienen blutige Lanzen an allen Theilen des Himmels." (Chasles.)

838, den 21. „Man sieht in der Luft Feuer in Gestalt einer Schlange." (Chasles.)

Die neuern Beobachtungen weisen keine Sternschnuppenperiode für den Februar nach; die ehemaligen Ströme dieses Meteors, wie sie die Chronisten für diesen Monat angeben, würden seit acht bis neun Jahrhunderten fehlen.

März.

763. „Man sieht Sterne plötzlich in so dichten Massen vom Himmel fallen, daß das Volk erschrickt und das Ende der Welt nahe glaubt." (Al. Perrey.)

764. Nach den Chroniken von Labbe, Bouquet u. A. existirt im März ein außerordentlicher Sternschnuppenfall.

927. Man sah auch „zu Reims an einem Sonntage vor Anbruch des Tages feurige Lanzen am Himmel.“ (Chasles.)

807, den 3. „Feurige Lanzen erscheinen in erstaunlicher Zahl mäh rend der Nacht.“ (Chasles.)

842, den 5. „Während der ersten Nachtstunde sieht man am Him mel feurige Lanzen.“ (Chasles.)

861, den 15. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel.“ (Chasles.)

687 v. Chr., den 16. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

842, den 18. „Erschreckliche Lanzen erscheinen noch am Himmel in der zweiten Nachtstunde auf der Ostseite; sie verlöschen und entstehen ohne Unterbrechung wieder. Zwischen Ost und West findet sich eine große Helligkeit, aber diese Lanzen erfüllen besonders den Norden.“ (Chasles.)

1811, den 18. Zahlreiche Sternschnuppen in England von Fern wahrgenommen. (Quetelet.)

15 v. Chr., den 24. Große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

839, den 30. „Prächtige Lanzen erscheinen am Abend und erfüllen den Himmel.“ (Chasles.)

582, den 31. „Zu Soissons sah man Feuer am Himmel. Blutregen fiel auf Paris.“ (Chasles.)

Nach diesen Beobachtungen scheint es, als ob Sternschnuppenströme von Zeit zu Zeit im Monat März eintreten.

April.

Merkwürdige Erscheinungen von Sternschnuppen sind in diesem Monate etwas zahlreicher als in den drei vorhergehenden Monaten.

Im Jahr 1093, ohne Angabe des Tages. „Zu jener Zeit, sagen die Chronisten, fielen im Westen Sterne vom Himmel.“ (Chasles.)

1008, den 1. 840, den 2. „Während zweier Nächte erscheinen ähnliche Lanzen wie die im vorhergehenden Jahre.“ (Chasles.)

996, den 3. „Am Abend erscheint eine Schlange am Himmel.“ (Chasles.)

1000, den 4. „Man erblickt an vielen Orten feurige Lanzen.“ (Chasles.)

538, den 6. „Der Himmel steht in Feuer; Blut fällt aus den Wolken.“ (Chasles.)

401, den 9. Sehr merkwürdige Erscheinung in China. (Ed. Biot.)
1094, den 10. „Man sah in so großer Menge Sterne vom Himmel
n, daß man sie nicht zählen konnte." (Chasles und Al. Verrey.)
1095, vom 10. bis 12. Sehr auffallende, von vielen Chronisten
zeichnete Erscheinung. „Von Mitternacht bis zur Morgenröthe sah
Sterne vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. Während mehrerer
te scheinen Sterne vom Himmel zu fallen, so dicht wie Regen." Die-
reigniß wurde schon vor dem Concilium zu Clermont als eine Vor-
tung der großen Bewegung in der Christenheit betrachtet. (Chasles.)
1096, den 10. „Fast alle Sterne flogen, wie vom Winde fort-
rter Staub. Dieser Vorgang fand statt vom Hahnenschrei bis zur
enröthe." (Chasles und Al. Verrey.)
1123, den 10. und 11. „Eine unzählbare Menge Sterne fiel vom
el, und regnete von allen Seiten auf die Erde." (Chasles.)
1122, den 11. „Ein Regen unzähliger Sterne, sagt der Chronist
ostens vom Berge Cassin, scheint die Erde zu bedecken." (Chasles.)
39, den 17. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)
27, den 17. Große Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)
34, den 18. Es gab viele Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)
838, den 20. Sternschnuppen in Menge beobachtet zu Knoxville
nessee (154 Meteore ungefähr zwischen 10 Uhr Abends und 4 Uhr
s). (Quetelet.)
803, den 22. In Virginien und Massachusets fielen von 1 Uhr
s bis 3 Uhr nach allen Richtungen in so großer Menge Stern-
en, daß man hätte glauben können, ein Raketenfeuer zu sehen.
e dieser Meteore ließen Schweife zurück.

Man sieht, es würde von Interesse sein, im April nach zwei
en von Asteroiden zu suchen, einem ersten vom 4. bis 11. und
zweiten vom 17. bis 22.

Mai.

Die in diesem Monate aufgezeichneten Erscheinungen zahlreicher
schnuppen sind sehr selten, und gehen sämmtlich bis zum 9. oder
ahrhundert zurück.

824. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)
842, den 5. „Man sieht noch Lanzen am Himmel." (Chasles.)
954, den 12. „Mehrere Leute haben Blut regnen sehen." (Chasles.)
839, den 12. „Während der Nacht fliegen die Sterne auf allen
n hinter einander her." (Chasles.)

764. Nach den Chroniken von Labbe, Bouquet u. A. existirt im März ein außerordentlicher Sternschnuppenfall.

927. Man sah auch „zu Reims an einem Sonntage vor Anbruch des Tages feurige Lanzen am Himmel." (Chasles.)

807, den 3. „Feurige Lanzen erscheinen in erstaunlicher Zahl während der Nacht." (Chasles.)

842, den 5. „Während der ersten Nachtstunde sieht man am Himmel feurige Lanzen." (Chasles.)

861, den 15. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel." (Chasles.)

687 v. Chr., den 16. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

842, den 18. „Erschreckliche Lanzen erscheinen noch am Himmel in der zweiten Nachtstunde auf der Ostseite; sie verlöschen und entstehen ohne Unterbrechung wieder. Zwischen Ost und West findet sich eine große Helligkeit, aber diese Lanzen erfüllen besonders den Norden." (Chasles.)

1811, den 18. Zahlreiche Sternschnuppen in England von Forster wahrgenommen. (Quetelet.)

15 v. Chr., den 24. Große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

839, den 30. „Prächtige Lanzen erscheinen am Abend und erfüllen den Himmel." (Chasles.)

582, den 31. „Zu Soissons sah man Feuer am Himmel. Ein Blutregen fiel auf Paris." (Chasles.)

Nach diesen Beobachtungen scheint es, als ob Sternschnuppenströme von Zeit zu Zeit im Monat März eintreten.

April.

Merkwürdige Erscheinungen von Sternschnuppen sind im April etwas zahlreicher als in den drei vorhergehenden Monaten.

Im Jahr 1093, ohne Angabe des Tages. „Zu jener Zeit, sagen die Chronisten, fielen im Westen Sterne vom Himmel." (Chasles.)

1008, den 1. Sternschnuppenerscheinung in China. (Ed. Biot.)

840, den 2. „Während zweier Nächte erscheinen ähnliche Lanzen, wie die im vorhergehenden Jahre." (Chasles.)

996, den 3. „Am Abend erscheint eine Schlange am Himmel." (Chasles.)

1000, den 4. „Man erblickt an vielen Orten feurige Lanzen." (Chasles.)

538, den 6. „Der Himmel steht in Feuer; Blut fällt aus den Wolken." (Chasles.)

401, den 9. Sehr merkwürdige Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1094, den 10. „Man sah in so großer Menge Sterne vom Himmel fallen, daß man sie nicht zählen konnte." (Chasles und Al. Perrey.)

1095, vom 10. bis 12. Sehr auffallende, von vielen Chronisten aufgezeichnete Erscheinung. „Von Mitternacht bis zur Morgenröthe sah man Sterne vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. Während mehrerer Nächte scheinen Sterne vom Himmel zu fallen, so dicht wie Regen." Dieses Ereigniß wurde schon vor dem Concilium zu Clermont als eine Vorbedeutung der großen Bewegung in der Christenheit betrachtet. (Chasles.)

1096, den 10. „Fast alle Sterne flogen, wie vom Winde fortgeführter Staub. Dieser Vorgang fand statt vom Hahnenschrei bis zur Morgenröthe." (Chasles und Al. Perrey.)

1123, den 10. und 11. „Eine unzählbare Menge Sterne fiel vom Himmel, und regnete von allen Seiten auf die Erde." (Chasles.)

1122, den 11. „Ein Regen unzähliger Sterne, sagt der Chronist des Klosters vom Berge Cassin, scheint die Erde zu bedecken." (Chasles.)

839, den 17. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

927, den 17. Große Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

934, den 18. Es gab viele Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

1838, den 20. Sternschnuppen in Menge beobachtet zu Knoxville in Tennessee (154 Meteore ungefähr zwischen 10 Uhr Abends und 4 Uhr Morgens). (Quetelet.)

1803, den 22. In Virginien und Massachusets fielen von 1 Uhr Morgens bis 3 Uhr nach allen Richtungen in so großer Menge Sternschnuppen, daß man hätte glauben können, ein Raketenfeuer zu sehen. Mehrere dieser Meteore ließen Schweife zurück.

Man sieht, es würde von Interesse sein, im April nach zwei Strömen von Asteroiden zu suchen, einem ersten vom 4. bis 11. und einem zweiten vom 17. bis 22.

Mai.

Die in diesem Monate aufgezeichneten Erscheinungen zahlreicher Sternschnuppen sind sehr selten, und gehen sämmtlich bis zum 9. oder 10. Jahrhundert zurück.

824. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

842, den 5. „Man sieht noch Lanzen am Himmel." (Chasles.)

954, den 12. „Mehrere Leute haben Blut regnen sehen." (Chasles.)

839, den 12. „Während der Nacht fliegen die Sterne auf allen Seiten hinter einander her." (Chasles.)

Man würde nur Grund haben, nach einem einzigen Asteroidenschwarm um die Mitte des Monats zu suchen.

Juni.

In diesem Monate ist die geringste Zahl von Sternschnuppenschwärmen beobachtet; es finden sich nur zwei erwähnt.

36 v. Chr., den 24. Sternschnuppenregen, beobachtet in China. (Ed. Biot.)

1022, vom 28. bis 30. „Während dreier Tage regnet es Blut vom Himmel." (Chasles.)

Juli.

Die Erscheinung von Sternschnuppen in Menge wächst wieder im Juli.

784, den 14. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

714, den 19. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

841, den 25. Sternschnuppenerscheinung in China. (Ed. Biot.)

830, den 26. In China so zahlreiche Sternschnuppen, daß man sie nicht zählen konnte. (Ed. Biot.)

835, den 26. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

924, vom 26. bis 28. Beträchtliche Menge von Sternschnuppen während dreier Tage in China. (Ed. Biot.)

925, den 27. und 28. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

833, den 27. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

926, den 27. Große Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

933, vom 25. bis 30. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

1784, am 24., 26. und 27. Viel zahlreichere Sternschnuppen als sonst gewöhnlich, nach den mannheimer Ephemeriden von 1784. (Quetelet.)

1785, den 27. „Zahlreiche Sternschnuppen zu Prag, nach den mannheimer Ephemeriden." (Quetelet.)

1848, den 28. Zahlreichere Sternschnuppen als sonst gewöhnlich zu Aachen von Heis beobachtet. (Bullet. de l'Acad. de Brux. Bd. 16.)

1849, den 28. und 29. Die Zahl der in Aachen von Heis und in Bonn von Schmidt beobachteten Sternschnuppen war ungewöhnlich groß. (Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 16.)

Nach den vorstehenden Beobachtungen unterliegt es keinem Zweifel, daß im Juli eine periodische Wiederkehr von Sternschnuppen-

schwärmen statt findet, deren Epoche jetzt zwischen den 26. und 29. Juli fallen dürfte.

August.

Die Sternschnuppenschwärme erscheinen im Monat August viel häufiger als in allen vorhergehenden Monaten. Besonders seit ungefähr drei Vierteljahrhunderten hat sich ihre Periodicität in diesem Monate auf eine merkwürdige Weise kund gegeben. Schon Musschenbroeck hatte dieses Phänomen in seinem 1762 erschienenen Werke erwähnt. Quetelet hat nach Dr. Forster mit Recht daran erinnert, daß bei den Katholiken Irlands die Tradition herrschte, daß die zahlreichen Sternschnuppen im August die feurigen Thränen des heiligen Laurentius wären, dessen Fest grade auf den 10. August fiel. Herrick berichtet außerdem (Silliman, Americ. Journ.), daß nach einer alten in Thessalien in den bergigen Gegenden um den Pelion verbreiteten Tradition der Himmel sich in der Nacht vom 6. August, dem Feste der Transfiguration, öffne und Lichter mitten in der Oeffnung erscheinen. Genaue Beobachtungen der Astronomen und Physiker haben die gerechte Begründung dieser Volkstraditionen dargethan. Folgendes sind sämmtliche Angaben, die ich habe sammeln können.

268, im August. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

859, im August. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel." (Chasles.)

1029, im August. „Im Monate Redjeb (August) dieses Jahres fielen viele Sternschnuppen mit großem Geräusch und hellem Leuchten." (Geschichte von Kairo von Soyouti; Compt. rend. de l'Acad. des Sc., Bd. 4.)

1825. „In den zu Gosport gehaltenen meteorologischen Tagebüchern findet sich die Notiz, daß im Monat August dieses Jahres die Sternschnuppen sehr zahlreich gewesen sind." (Quetelet.)

1243, den 2. Von Matthias Paris berichtete Erscheinung von Sternschnuppen. (Quetelet.)

1826, den 3. Reichliche Sternschnuppen nach Olbers. (Schumacher, astronom. Jahrb. 1838.)

865, den 5. Menge von Sternschnuppen in China beobachtet. (Ed. Biot.)

1451, den 5. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

1819, den 6. Zahlreiche Sternschnuppen. (Kämtz.)

1779, den 9. „Einige Stunden nach dem Ausbruche des Vesuvs,

ſagt Sir W. Hamilton, war die Atmoſphäre mit leuchtenden Meteoren, ſogenannten Sternſchnuppen angefüllt, u. ſ. w." (Phil. Transact. Bd. 70.)

1781, den 8. Große Anzahl von NW. nach SO. gerichteter Meteore, beobachtet zu Boſton. (Compt. rend. Bd. 5.)

1784, den 6. und 9. Sehr zahlreiche Sternſchnuppen überall, die im Allgemeinen nach WSW. gerichtet ſind. (Mannheimer Ephemeriden für 1784.)

1789, den 10. Nach einem Gewitter, nachdem der Himmel wieder heiter geworden war, beobachtete Erſcheinung maſſenhafter Sternſchnuppen von Spallanzani auf dem Cimone in den Apenninen. (Quetelet.)

1798, den 9. In einem von Dr. N. Webſter zu Hartford in Amerika herausgegebenen Werke ſteht, daß während der großen Hitze, welche peſtartige Krankheiten entwickelte, die Sternſchnuppen ſich mehrere Nächte um den 9. Auguſt unglaublich zahlreich zeigten. Faſt alle gingen von NO. nach SW. und folgten ſo ſchnell aufeinander, daß das Auge eines wißbegierigen Zuſchauers faſt beſtändig zu thun hatte. (Brief von Herrick in den Compt. rend. Bd. 5.)

1799, den 9. Brandes beobachtete zu Göttingen in der Zeit von zwei Stunden gegen dreißig Sternſchnuppen, von denen die meiſten von NO. nach SW. gingen. (Quetelet.)

1800, den 10. Dr. Patrin hat am Abend des 10. bis 1 Uhr Morgens gegen dreißig Sternſchnuppen gezählt, deren Richtung vorzugsweiſe von NO. nach SW. war.

1806, vom 10. zum 11. Von Forſter und Howard in England beobachtete Erſcheinung einer ſehr großen Zahl von Sternſchnuppen. (Quetelet.)

1811, den 10. Forſter beobachtet in England eine Menge Sternſchnuppen, die leuchtende Bahnen hinterlaſſen. (Quetelet.)

1813, den 11. Zahlreiche Sternſchnuppen in England und Amerika. (Quetelet.)

1815, den 10. Außerordentliche Erſcheinung von Sternſchnuppen. (Chladni).

1820, den 9. Ungewöhnliche Zahl von Sternſchnuppen in Gosport von J. Farey beobachtet. (Phil. Mag. Bd. 57.)

1822, in der Nacht vom 9. zum 10. Zahlreiche Sternſchnuppen zu New-York. (Quetelet.)

1823, den 10. Von Brandes berichtete bemerkenswerthe Erſcheinung. In weniger als zwei Stunden zählte er mit ſeinen Gehülfen mehr als 140 Sternſchnuppen. (Compt. rend. Bd. 5.)

1826, den 10. „Ungewöhnliche Erſcheinung von Sternſchnuppen in der Nacht." (Meteorologiſches Beobachtungsjournal in Gosport.)

1828, den 10. „Forster beobachtet eine große Zahl Sternschnuppen nach einem windigen, regnichten Tage.“ (Quetelet.)

1831, den 10. „Während eines heftigen Sturmes, der sich über Westindien ausbreitete, sah man unzählige feurige Kugeln aus den Wolken fallen.“ (Quetelet.)

1833, den 10. „Sternschnuppen und Feuermeteore zwischen 10 Uhr und Mitternacht in Worcestershire.“ (Compt. rend. Bd. 5.)

1834, vom 9. zum 10. Eine außerordentliche Menge von Sternschnuppen wurde in einigen Gegenden Amerikas (nach Herrick) und in Belgien (nach Quetelet) gesehen.

1835, den 8. und 10. „Der Abend des 10. Aug. war zu Brüssel merkwürdig durch eine große Menge Sternschnuppen. Ein ähnliches Phänomen ist in den Vereinigten Staaten am 8. beobachtet worden.“ (Quetelet.)

1836, den 8., 9. und 10. Zahlreiche Sternschnuppen in den Vereinigten Staaten, in Frankreich und Belgien. „Ein genauer und sorgfältiger Beobachter, sagt Herrick, hat gefunden, daß während des größten Theiles des Abends vom 9. August fast 150 Sternschnuppen in der Stunde fielen.“ Walferdin hat zu Bourbonne-les-Bains in der Nacht vom 8. zum 9. August 316 Sternschnuppen in einer einzigen Beobachtungsstunde gezählt. (Compt. rend. Bd. 5.)

1837, den 9., 10. und 11. Auf verschiedenen Punkten in beiden Hemisphären befindliche Beobachter haben während dreier Tage die Sternschnuppen gezählt. Auf der pariser Sternwarte wurden 107 Sternschnuppen von $11^1/_4$ bis $12^1/_4$ Uhr, und 184 von 12 Uhr 37 Minuten bis 3 Uhr 36 Minuten gesehen. Die größte Zahl der Sternschnuppen schien ihren Lauf nach dem Stier zu nehmen Zu Chateauroux wurden in der Nacht vom 9. zum 10. an 30 Meteore in einer halben Stunde beobachtet. Zu Chamouni wurden am 9. Aug. Abends mehr als 40 Sternschnuppen in demselben Zeitraume beobachtet. Zu Genf sah Wartmann am 9. Aug. von 9 Uhr bis Mitternacht 82 Sternschnuppen, von denen die Mehrzahl aus einem gemeinschaftlichen zwischen β im Bärenhüter und α im Drachen gelegenen Heerde auszugehen schien. Nach dem Zeugnisse von Herrick ist das Phänomen den Beobachtern auf den verschiedenen Punkten in den Vereinigten Staaten ebenso auffallend gewesen. (Compt. rend. Bd. 5.)

1838, vom 10. zum 11. „Auffällige Erscheinung von Sternschnuppen in Belgien, Frankreich, Italien, Oestreich und den Vereinigten Staaten; man hat in diesen Ländern bis 50 und 60 Meteore in der Stunde gezählt. Ihre Richtung war im Allgemeinen von NO. nach SW.“ (Quetelet.)

1839, den 10. Eine große Zahl Beobachter in Europa und Amerika hatten seit dem 3. Aug. ihre Aufmerksamkeit auf die Sternschnuppen gerichtet. Das Phänomen schien sein Maximum offenbar am Abend des 10. zu haben. Capocci und Nobile haben zu Neapel in vier Stunden 1000 Meteore gezählt; de Saulcy zu Metz 87 in etwas mehr als Dreiviertelstunden; Colla zu Parma 819 in 6 Stunden 37 Minuten; Herrick zu New-Haven fast 500 in drei Stunden. (Compt. rend. Bd. 9, 11 und 13.)

1840, vom 9. bis 11. Auf der pariser Sternwarte hat in der Nacht vom 9. zum 10. Mauvais 35 Sternschnuppen in einer halben Stunde gezählt; der Divergenzpunkt dieser Meteore lag zwischen Cassiopeja und Perseus. Zu Genf hat Wartmann in der Nacht vom 10. zum 11. in $6^1/_4$ Stunden 222, und Colla nebst zwei Hülfsbeobachtern zu Parma in den beiden Nächten vom 9. zum 11. Aug. 536 Sternschnuppen gezählt. (Compt. rend. Bd. 11.)

1841, vom 10. zum 11. Das Erscheinen zahlreicher Sternschnuppen ist wahrgenommen worden in Belgien, Frankreich, England, Deutschland und den Vereinigten Staaten. Colla hat in der Nacht vom 9. zum 10. 80, und in der folgenden Nacht 283 Sternschnuppen gesehen. (Compt. rend. Bd. 13.)

1842, vom 9. bis 11. Die Erscheinung ist beobachtet zu Wien von Littrow (30 Meteore in einer Stunde als Mittel der Nacht vom 9. zum 10.; 129 als Mittel der Nacht vom 10. zum 11.); zu Tours von Laugier (70 in 2 Stunden 5 Minuten in der Nacht vom 10. zum 11.); zu Lyon von Fournet am 11. Abends (31 Meteore in anderthalb Stunden). (Compt. rend. Bd. 15.)

1844, den 9. und 11. Am 9. hat Quetelet zu Brüssel 32 Meteore in einer Stunde, Duprez zu Gent 26, und Forster zu Brügge 96 beobachtet; endlich hat Herrick, unterstützt von fünf Beobachtern, zu New-Haven 367 in der Nacht vom 9. zum 10., und 622 in der Nacht vom 11. zum 12. gezählt. (Compt. rend. Bd. 19.)

1845, den 9. In der Nacht vom 9. zum 10. hat Coulvier-Gravier, unterstützt von zwei Gehülfen, zu Paris von 9 Uhr Abends bis 3 Uhr Morgens 432, und Herrick zu New-Haven in Amerika an demselben Abende zwischen 10 und 11 Uhr 64 Meteore beobachtet. (Compt. rend. Bd. 21.; Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 12.)

1846, den 10. Das stündliche Maximum der Anzahl von Sternschnuppen für Mitternacht hat Coulvier-Gravier in Paris zu 65 gefunden, und es trat ein am 10. (Compt. rend. Bd. 41.)

1847, vom 10. bis 12. Zu Gent hat Duprez am 11. in 3 Stunden 66; zu Aachen Heis am 10. in 35 Minuten 28, am 11. in $4^1/_2$

Stunden 501, am 12. in 3 Stunden 203 Meteore gezählt. Zu Brügge schlug Forster für die Nacht vom 11. die mittlere Zahl der gesehenen Sternschnuppen zu mehr als 35 in der Stunde an. Coulvier-Gravier hat in Paris für Mitternacht 100 angegeben. (Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 14.)

1848, vom 8. bis 10. Auf der pariser Sternwarte hat Gonjon in der Nacht vom 9. zum 10. innerhalb zweier Beobachtungsstunden 95 Sternschnuppen gezählt. Coulvier-Gravier gibt als stündliche Anzahl für Mitternacht 40 für den 8., 86 für den 9., 110 für den 10. an. Die Richtung der Meteore war im Allgemeinen von N. nach S. (Compt. rend. Bd. 17.)

1849, vom 6. bis 11. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht die folgenden stündlichen Zahlen von Sternschnuppen erhalten: 50 am 6.; 60 am 8.; 107 am 9.; 106 am 10.; 80 am 11. In Parma hat Colla am 10. von 9 Uhr 14 Minuten bis 10 Uhr 50 Minuten 22 Meteore gesehen. In Wien hat Mayer von $9^1/_2$ Uhr bis $10^1/_2$ Uhr 42 gezählt. In Aachen hat Heis, unterstützt von zwei andern Beobachtern, in der Nacht vom 10. innerhalb fünf Stunden eine Gesammtzahl von 254 Meteoren erhalten. (Compt. rend. Bd. 29.; Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 14.)

1850, vom 8. bis 11. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht die folgenden stündlichen Zahlen erhalten: 44 am 8.; 77 am 9.; 84 am 10.; 80 am 11. Wolf hat im Monat August 463 Sternschnuppen zu Bern erzählt, und Anglès zu Roanne in der Nacht vom 10. zum 11. einen Strom derselben gesehen, den er zu 400 in fünf Stunden schätzt. (Compt. rend. Bd. 31.)

1851, den 10. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht 67 Sternschnuppen in einer Stunde erhalten. (Compt. rend. Bd. 33.)

1852, vom 3. zum 13. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht die folgenden Zahlen für die in einer Stunde beobachteten Sternschnuppen erhalten: 34 am 2.; 35 am 5.; 46 am 6.; 63 am 10.; 50 am 11.; 48 am 12.; 43 am 13. Der Schiffslieutenant Jonquières hat auf der Rhede von Cagliari während der Nacht vom 10. zum 11. ungefähr 70 Meteore in der Stunde gezählt. Zu Gent sah Duprez in derselben Nacht 83 Sternschnuppen in 3 Stunden. (Compt. rend. Bd. 35.; Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. X. 19.)

1824, den 12. „Seit dem 12. sind kleine Meteore, sogenannte Sternschnuppen, mit auffallender Schnelligkeit gefallen. Sie erscheinen in dieser Nacht zahlreich und durchfliegen die Atmosphäre mit schneller Bewegung und fast immer gegen SW." Es wurden noch zahlreiche Meteore am 15. gesehen. (Tagebuch von Forster.)

1819, den 13. Erscheinung einer großen Menge Sternschnuppen in Massachusetts. (Quetelet.)

1818, den 14. Zahlreiche Sternschnuppen in England von Forster beobachtet. (Quetelet.)

1826, vom 14. zum 15. J. Graziani hat zu Rom eine ganz ungewöhnliche Zahl von Sternschnuppen beobachtet. (Quetelet.)

1827, vom 14. zum 15. Dieselbe Beobachtung von Graziani. (Quetelet.)

1823, den 15. „Zahlreiche Sternschnuppen zu Tübingen beobachtet." (Quetelet.)

1716, den 18. Erscheinung von Sternschnuppen, fast in ganz Europa nachgewiesen. (Quetelet.)

1842, den 21. „Zwischen 11 Uhr Abends und Mitternacht beobachtete man in Lyon einen neuen Vorübergang von Sternschnuppen. Einige dieser Meteore schienen unsere Atmosphäre zu streifen, und ein dem Aufsteigen einer Rakete ähnliches Geräusch ließ sich während eines Augenblickes hören." (Compt. rend. Bd. 15.)

1037, den 27. Menge von Sternschnuppen in China beobachtet. (Ed. Biot.)

1063, den 28. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

532, den 30. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

Aus den vorstehenden Beobachtungen folgt auf sehr augenfällige Weise, daß die Erde um die Zeit des 10. August jetzt alljährlich einem dichtgedrängten Asteroidenschwarme begegnet. Seit 1836 hat Quetelet, Director der brüsseler Sternwarte, ausgesprochen, daß die Mitte des August eine Epoche sei, wo man periodisch eine große Menge Sternschnuppen zu erwarten habe. Es ist dies eins der wichtigen Resultate, wofür die Wissenschaft den mühsamen und ausdauernden Forschungen, die Quetelet über diese geheimnißvollen Phänomene angestellt hat, dankbar sein muß. Es hat, wie Coulvier-Gravier richtig bemerkt hat, allerdings den Anschein, als ob die Zahl der Meteore am 10. August während der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts bis gegen 1848 hin stets zugenommen habe, von da an aber ins Abnehmen übergegangen sei. Die beobachteten stündlichen Sternschnuppenerscheinungen auf Mitternacht reducirt vertheilen sich in folgender Weise:

Jahre.	Beobachtete Zahlen.
1800	20
1823	35

Jahre.	Beobachtete Zahlen.
1837	50
1838	60
1839	75
1840	120
1841	30
1842	90
1843	15
1844	135
1845	95
1846	65
1847	100
1848	110
1849	106
1850	84
1851	67
1852	63
1853	56

Muß man, wie Bessel, Boguslawski, Erman, Littrow und Chasles meinen, annehmen, daß der Augustschwarm eine Umlaufsbewegung um die Sonne besitzt, die eine Verzögerung seiner Sichtbarkeit zur Folge haben würde? Ist nach ähnlichen Erscheinungen noch für andere Tage desselben Monats zu suchen? Sind die Erscheinungen der Sternschnuppenströme langsamen oder schnellen Präcessionsbewegungen unterworfen? Dies sind Fragen, deren definitive Lösung der Zukunft aufbehalten bleibt.

September.

Im Monat September sind die Beobachtungen von Sternschnuppenschwärmen ziemlich selten; folgende haben sich auffinden lassen:

580, im September. „Zu Tours sah man einen Lichtschein den Himmel durchlaufen." (Chasles.)

859, im September. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel." (Chasles.)

868, im September. „Feuer fliegt mit der Geschwindigkeit eines Pfeiles durch die Luft." (Chasles.)

1820, den 2. Forſter hat in England viele Sternſchnuppen geſehen. (Quetelet.)

585, den 6. „Es erſchienen mehrere Hunderte von Sternſchnuppen, die ſich beim Herabfallen nach allen Seiten zerſtreuten.“ (Abel Rémuſat.)

1822, den 10. „Sonderbare Blitze und Sternſchnuppen von erſtaunlicher Größe durchkreuzten die Lüfte.“ (Beobachtung zu Carlſtadt in Schweden. Gilb. Ann. Bd. 75.)

1012, den 18. Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

1451, den 19. Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

945, den 20. „Beim Eintritt der Nacht erſcheint ein Zeichen am nördlichen Theile des Himmels.“ (Chasles.)

881, vom 15. bis 23. Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

1840, den 21. Von 7 bis 10 Uhr Abends haben Wartmann und ſein Sohn zu Genf 106 Sternſchnuppen gezählt. (Compt. rend. Bd. 11.)

288, den 25. Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

585, den 25. Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

Wenn man auch keine auffallende Periodicität in dem Erſcheinen von zahlreichen Sternſchnuppen im Monat September bemerkt, ſo ſtehen doch die gemachten Beobachtungen der Anſicht nicht entgegen, daß die Erde zwei Mal, im Anfange des Monats und dann vom 18. bis 25., Aſteroidenſtröme antreffe.

October.

Der Monat October bietet uns eine vermehrte Zahl von Sternſchnuppenerſcheinungen dar; es finden ſich folgende Beobachtungen:

859, im October. „Lanzen erſcheinen am Himmel.“ (Chasles.)

933, im October. „In Aegypten fand ein Erdbeben ſtatt, und die leuchtenden Sterne waren in einer heftigen Bewegung.“ (Quetelet.)

1399, im October. „Die Sterne ſchienen, ähnlich einem Feuerregen, an mehreren Orten Italiens herabzufallen.“ (Quetelet.)

1623, den 10. Große Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

1436, den 11. Auffallende Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

1847, in der Nacht vom 11. zum 12. Beobachtung zahlreicher Sternſchnuppen zu Aachen von Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

1439, den 14. Auffallende Erſcheinung in China. (Ed. Biot.)

1798, in der Nacht vom 14. zum 15. „Brandes zählte in Göttingen bei den gleichzeitig mit Benzenberg ausgeführten Beobachtungen eine große Menge Sternſchnuppen.“ (Quetelet.)

1743, den 15. „Große Erſcheinung von Sternſchnuppen in Eng-

und zwischen 9 und 10 Uhr Abends, die von SW. nach NO. flogen." (Quetelet.)

1841, den 17. Beobachtung einer ungewöhnlichen Erscheinung von Sternschnuppen durch Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

1849, vom 15. bis 17. Bemerkenswerther Sternschnuppenfall. (Compt. rend. Bd. 29.)

1838, den 18. In den Morgenstunden sah Malbos zu Bérias (Dep. Ardèche) eine große Zahl Sternschnuppen mit dem Laufe nach W. (Quetelet.)

931, den 19. Nach Frodoard und Muratori „sah man feurige Lanzen den Himmel durchfliegen." (Quetelet.)

931, den 20. Merkwürdige Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

934, den 19. „Man sieht feurige Lanzen den Himmel durchfliegen." (Chasles.)

934, den 19. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1202, den 19. „Die Sterne wogten am Himmel nach O. und nach W.; sie flogen wie zerstreute Heuschrecken von rechts nach links; dies dauerte bis zur Morgenröthe. Das Volk war in Angst." (Soyouti, Geschichte Kairo's; Compt. rend. Bd. 4.)

1002, den 20. Große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

855, den 21. Zahlreiche punktähnliche feurige Erscheinungen durchliefen während der ganzen Nacht den Himmel, und richteten sich nach W. (Chasles und Al. Perrey.) Derselben Erscheinung wird auch von arabischen Schriftstellern in folgenden Ausdrücken gedacht: „Es ereignete sich ein Sternfall während der Nacht, der vom Abend bis zur Morgenröthe dauerte; gleichzeitig fanden Erdbeben überall statt." (Quetelet.)

856, den 21. „Feurige Erscheinungen, ähnlich wie Punkte, durchlaufen während der ganzen Nacht den Himmel." (Chasles.)

1766, den 21. Zahlreiche Sternschnuppen nach Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

1848, vom 20. bis 26. Beobachtung von Sternschnuppen in ungewöhnlicher Zahl. nach Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

902, den 23. „In der Todesnacht des Königs Ibrahim ben Ahmed sah man eine unendliche Menge von Sternschnuppen, die sich einem feurigen Regen gleich nach rechts und links verbreiteten. Das Jahr ward deshalb das Jahr der Sterne genannt." (Compt. rend. Bd. 4.)

1805, den 23. „In Deutschland wurden eine beträchtliche Zahl Sternschnuppen beobachtet." (Quetelet.)

1101, den 23. „Man sah Sterne vom Himmel fallen." (Al. Perrey.)

1845, den 24. Zahlreiche Sternschnuppen von Heis beobachtet. (v. Humboldt, Kosmos.)

585, den 26. „Während dreier Nächte fielen Feuer vom Himmel.“ (Chasles.)

1602, den 27. Auffallende Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1366, den 30. „Anhaltender Regen von Sternschnuppen in solcher Menge, daß Niemand sie zu zählen vermochte“, nach Beneſſe de Horovic Chronicon Ecclesiae Pragensis. (Quetelet.)

Aus den vorstehenden Beobachtungen geht deutlich hervor, daß die Erde auf ihrem Umlaufe um Mitte October einem bemerkenswerthen Asteroidenschwarme begegnet.

November.

Die für den Monat November aufgezeichneten außerordentlichen Sternschnuppenerscheinungen sind sehr zahlreich und verdienen besonders die Aufmerksamkeit zu fesseln.

979, den 2. „Während der Nacht sah man feurige Lanzen am Himmel.“ (Chasles.)

1533, den 3. Sehr große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1058, den 7. „Es regnet Blut auf Paris.“ (Chasles.)

1602, den 7. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1826, vom 6. zum 7. „Man sah auf Teneriffa viele Feuerkugeln (Sternschnuppen).“ (Quetelet.)

970, den 8. Auffallende Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1813, den 8. „Leuchtendes Meteor und viele Sternschnuppen.“ (Quetelet.)

1787, vom 9. zum 10. Viele Sternschnuppen von Hemmer im südlichen Deutschland, besonders in Mannheim, beobachtet. (Kämtz, Meteor. Bd. 3.)

561, nach dem 12. „Feuer durchlief den Himmel in der Todesnacht Clothar's.“ (Chasles.)

1812, in der ersten Hälfte des Monats. Beträchtliche Menge Sternschnuppen auf dem Wege von Koblenz nach Bonn beobachtet von Fournet. (Compt. rend. Bd. 2.)

837, den 12. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1799, den 12. Besonders von 2 bis 4 Uhr Morgens flogen Milliarden von Sternschnuppen an dem Himmel hin. Länger als vier Stunden wurde überall vom Aequator bis zum Nordpole dieser außerordentliche Meteorstrom wahrgenommen. Zu Cumana glich die von Humboldt und Bonpland in Osten, in einer 60° breiten und bis gegen 50° Höhe aufsteigenden Zone beobachtete Erscheinung einem in bedeutender Höhe abgebrannten künstlichen Feuerwerke; große Kugeln, die bisweilen scheinbare Durchmesser

hatten, welche dem des Mondes gleichkamen, oder ihn noch um $^1/_4$ übertrafen, ferner unzählige Sternschnuppen, deren Richtung regelmäßig von N. nach S. ging, durchschnitten ununterbrochen einen Himmel von großer Klarheit, auf dem zahlreiche und lange phosphorische Linien gezeichnet waren. Dasselbe Phänomen wurde in Brasilien, in Labrador, in Deutschland in der Nähe von Weimar, und in Grönland bis zu 64° 14′ n. Br. wahrgenommen; ebenso wurde es in dem französischen Guyana von Marbois, und im Bahamacanal von Ellicot gesehen.

1818, Nacht vom 12. zum 13. Beträchtlicher Sternschnuppenfall. (v. Humboldt, Kosmos.)

1820, den 12. Nach einem heftigen Gewitter erschien in Rußland bei zunehmender Dunkelheit der Atmosphäre eine große feurige Kugel. (Kämtz, Meteorol. Bd. 3.)

1822, den 12. Mehrere Feuerkugeln in Potsdam und Taucha bei Leipzig; am Abend viele Sternschnuppen. (Kämtz, Meteorol. Bd. 3.)

1823, Nacht vom 12. zum 13. Beträchtlicher Sternschnuppenfall. (v. Humboldt, Kosmos.)

1828, Nacht vom 11. zum 12. Während dieser Nacht sah de Bruyas zu Saint-Marcellin (Dep. Isère) eine Feuerkugel und ungewöhnlich zahlreiche Sternschnuppen. (Compt. rend. Bd. 3.)

1831, den 13. Erscheinung einer großen Zahl von Sternschnuppen zu Bruneck in Tyrol, sowie in Amerika. Bérard, Commandant des Schiffes Loiret, sah in der Nähe von Cartagena (an der spanischen Küste) am 13. Nov. um 4 Uhr Morgens eine beträchtliche Zahl von Sternschnuppen und größeren Meteoren. Mehr als 3 Stunden lang erschienen im Durchschnitt zwei in der Minute. (Compt. rend. Bd. 1.)

1832, den 11., 12. und 13. Sehr auffallende, in ganz Europa, Arabien und den Vereinigten Staaten sichtbar gewesene Erscheinung. Sie wurde besonders in Düsseldorf von Custodis beobachtet, der in der Nacht vom 12. zum 13. von 4 bis 7 Uhr Morgens 267 Sternschnuppen zählte; ferner auf der Insel Mauritius in der Nacht vom 12. von Robert, und zwar in solcher Menge, daß die Zählung unmöglich war; ebenso zu Limoges, wo in der Nacht vom 11. zum 12. die Erscheinung eine solche Stärke annahm, daß die Arbeiter erschreckt die Flucht ergriffen; endlich auf dem Wege von Bayeux nach Caen von Leverrier: „Das Phänomen, sagt dieser Astronom, zeigte sich am östlichen Theile des Himmels; die Sternschnuppen folgten einander ohne Unterbrechung und in so großer Zahl, daß man mehrere Stunden gebraucht hätte, um die in demselben Augenblicke sichtbaren zu zählen, wenn dieselben stillgestanden hätten.“ Die Meteore hatten eine bläuliche Färbung und bewegten sich im Allgemeinen von NO. nach SW. Die Richtung ihrer Bewegung bildete mit dem

Horizonte einen Winkel von ungefähr 30°. (Compt. rend. Bd. 2, 5 und 9.)

1833, Nacht vom 12. zum 13. In Amerika sah man eine Reihe von leuchtenden Meteoren, die raketenähnlich von einem einzigen Punkte nach allen Richtungen gingen; meistens explodirten diese Meteore vor ihrem Verschwinden. Sie ließen auf ihrer Bahn einen phosphorescirenden Streif hinter sich, der meistens gradlinig, in einigen Fällen aber auch schlangenförmig gekrümmt war. Mehrere unter ihnen erschienen ebenso hell als Jupiter und Venus. Kurz vor 6 Uhr Morgens lag der Radiations- oder Divergenzpunkt westlich von γ im Löwen, nicht weit vom Regulus. Während der folgenden Stunde blieb jener Punkt stationär in diesem Theile des Löwen, obgleich in einer Stunde das Sternbild sich ungefähr 15° nach W. verschoben hatte. (Diese Einzelheiten sind aus einem Briefe von Denison Olmstedt, Professor am yale College zu New-Haven in Massachusetts, vom 13. November 1833.) Nach einem andern Berichte wurde das Phänomen schon vor Mitternacht gesehen, also schon am 12. Nov. 1833. Dieselbe Erscheinung wurde gleichfalls beobachtet zu Frederikshaab in Grönland von Müller und zu Gothaab von Kaufelot. Man bemerkte die Meteore längs der amerikanischen Ostküste vom mexikanischen Golf bis nach Halifax von 9 Uhr Abends bis zum Aufgange der Sonne, und an einigen Orten sogar bei Tage um 8 Uhr Morgens. Die Sternschnuppen waren so zahlreich, erschienen in so vielen Regionen des Himmels zugleich, daß man bei dem Versuche sie zu zählen kaum eine rohe Annäherung zu erlangen hoffen durfte. Der Beobachter zu Boston verglich ihre Zahl zur Zeit des Maximums mit der Hälfte der Schneeflocken, die man in der Luft während eines gewöhnlichen Schneefalles bemerkt. Um 6 Uhr Morgens, als das Phänomen schon beträchtlich schwächer geworden war, zählte er 650 Sternschnuppen in 15 Minuten, obgleich seine Beobachtung auf eine Zone beschränkt war, die nur den zehnten Theil des sichtbaren Himmelsgewölbes umfaßte. Diese Zahl erreichte nach ihm aber nur zwei Drittel der Gesammtheit, so daß er hätte 866, und folglich für den ganzen sichtbaren Himmel 8660 finden sollen. Diese letztere Zahl würde 34640 Sternschnuppen in der Stunde geben. Das Phänomen dauerte nun länger als 7 Stunden, so daß die Zahl aller in Boston sichtbar gewesenen Meteore 240000 übersteigen würde; denn man darf nicht vergessen, daß die vorstehender Rechnung zu Grunde gelegten Angaben erst gesammelt wurden, als das Phänomen schon merklich im Abnehmen begriffen war.

1834, Nacht vom 13. zum 14. „Viele Sternschnuppen und Feuerkugeln in Nordamerika." Man bemerkt ebenfalls einen Radiationspunkt im Sternbilde des Löwen. (Quetelet.)

1835, den 13. „Erscheinung vieler Sternschnuppen und Feuerkugeln in Nordamerika.“ (Quetelet.)

1836, den 12., 13. und 14. In Paris zählten die Astronomen des Observatoriums (Bouvard, Laugier, Mauvais, Plantamour) in der Nacht vom 12. zum 13. von Abends $6^3/_4$ Uhr bis 6 Uhr 35 Minuten Morgens 170 Sternschnuppen; zu Bercy sah Méret am 12. von Mitternacht bis Morgens 6 Uhr 120 Sternschnuppen, von denen 57 aus dem Löwen kamen; im Dep. des Ain zählte Millet d'Aubenton in derselben Nacht 75 Meteore; in Straßburg sah Fargeau von $10^3/_4$ Uhr bis 2 Uhr 37 Minuten Morgens 85; zu Dieppe schätzte Nell de Bréauté die Zahl der Meteore auf zwanzig Mal größer als in den gewöhnlichen Nächten; zu Breslau zählte Boguslawski in der Nacht vom 12. zum 13. von 3 bis 6 Uhr Morgens 146 Sternschnuppen, und in der Nacht vom 14. zum 15. 142 in 12 Stunden; in den Vereinigten Staaten sah Herrick fast 150 Meteore in der Stunde; endlich beobachtete Herschel dasselbe Phänomen am Kap der guten Hoffnung. Die Meteore schienen im Allgemeinen von einem Punkte im Sternbilde des Löwen auszugehen und sich nach dem großen Bären zu richten. (Compt. rend. Bd. 3 und 5.)

1837, den 13. Quetelet gibt eine ziemlich merkliche Zahl von Sternschnuppen in Belgien und ebenso in Amerika an. Die Meteore schienen von einem Punkte im Kopfe des Löwen auszugehen. (Compt. rend. Bd. 5.)

1838, Nacht vom 13. zum 14. Eine beträchtliche Zahl von Sternschnuppen in Wien von Littrow beobachtet; dasselbe geschah in England und Amerika. Diese Erscheinung war von einem Nordlichte begleitet, das Sir John Herschel am Kap der guten Hoffnung sah. (Quetelet.)

1841, Nacht vom 12. zum 13. Beträchtlicher Sternschnuppenfall. (v. Humboldt, Kosmos.)

1842, vom 10. bis 14. In der Nacht vom 10. zum 11. sah Marcel de Serres zu Montpellier 25 Meteore in der Stunde allein an dem dritten Theile des Himmels; Colla in Parma beobachtete 54 in der Nacht vom 11. zum 12., und Gaudin zählte zu Paris in der Nacht vom 13. zum 14. 20 Meteore in der Minute. (Compt. rend. Bd. 15 und 16.)

1846, Nacht vom 12. zum 13. Als sicher von Humboldt in seinem Kosmos angegebener Sternschnuppenfall.

1847, Nacht vom 12. zum 13. Beobachtung zahlreicher Sternschnuppen zu Benares in Hindostan. (Compt. rend. Bd. 27.)

1849, 12. und 13. Nach einer Mittheilung von Humboldt zählte Boguslawski, unterstützt von einer großen Zahl Studirender, in Breslau am 12. von $10^1/_2$ bis $12^1/_2$ Uhr 88 Meteore, und am 13. in demselben Zeitraume 69. (Compt. rend. Bd. 29.)

1837, vom 14. zum 17. In der Nacht vom 14. zum 15. beobachtete de Nervaux im Dep. der Saône und Loire 39 solcher Meteore in einer halben Stunde, und in der Nacht vom 15. zum 16. zählte Danse in Paris 17 Sternschnuppen in einer Minute.

1832, den 15. Beobachtung von Sternschnuppen in beträchtlicher Zahl durch Addison in der Grafschaft Worcester in England. (Coulvier-Gravier.)

899, den 18. „In Aegypten, sagt ein arabischer Geschichtschreiber, waren die Sterne auf außerordentliche Weise in beständiger Bewegung, indem sie von O. nach W. und von N. nach S. gingen, dergestalt daß kein Sterblicher die Augen auf den Himmel richten konnte." (Quetelet.)

1818, den 19. „Man beobachtete viele Sternschnuppen zu Gosport." (Quetelet.)

1822, den 25. „Der Herzog von Würtemberg sah gegen 10 Uhr Abends eine beträchtliche Menge von S. nach SW. gerichtete Sternschnuppen." (Quetelet.)

930, den 20. Bemerkenswerther Sternschnuppenfall in China. (Ed. Biot.)

901, den 30. „Die ganze Hemisphäre war voller Meteore, sogenannter Sternschnuppen, von Mitternacht bis zum Morgen; das Erstaunen der Zuschauer dieses Phänomens in Aegypten war beträchtlich." (Quetelet.)

Wie man sieht, sind die Novembermeteorströme in auffallender Weise vom 11. bis 13. wiedergekehrt. Diese periodische Wiederkehr an bestimmten Tagen hat während mehrerer Jahre aufgehört, und gegenwärtig zählt man in jenen Tagen nicht mehr Sternschnuppen als in den gewöhnlichen Nächten.

December.

Die in den Verzeichnissen angemerkten Sternschnuppenströme sind im December weniger zahlreich als im November; sie bieten aber doch eine Periodicität dar, welche werth ist die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich zu ziehen.

586, im December. „Ein Lichtschein wie eine Schlange erschien am Himmel." (Chasles.)

786, im December. „Erschreckliche feurige Lanzen, wie man sie noch nie gesehen hat, erscheinen am Himmel. Man sagt, es habe Blut geregnet." (Chasles.)

940, im December. „In einer Sonntagsnacht sah man am Himmel Lanzen von verschiedenen Farben." (Chasles.)

1902, im December. „Um Sonnenuntergang durchlief eine Schlange die Luft, und feurige Lanzen zeigten sich am Himmel.“ (Chasles.)

883, zu Anfange des December. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

848, den 1. „Man sieht mitten in der Nacht feurige Lanzen am Himmel.“ (Chasles.)

1576, den 5. Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

1741, den 5. Beobachtung vieler Sternschnuppen durch Krafft in Petersburg, nach Musschenbroeck. (Quetelet.)

1798, den 7. Brandes zählte in Bremen in der einzigen Nacht vom 6. zum 7. 480 Sternschnuppen. Im Anfange der Nacht erschienen mehr als 100 in der Stunde, und dies dauerte länger als drei Stunden in einem Raume, der noch lange nicht den fünften Theil des Himmels einnahm. (Quetelet.)

1830, den 7. Außerordentlicher Sternschnuppenfall, angegeben vom Abbé Raillard, Pfarrer in Verceilles unweit Langres. (Compt. rend. Bd. 8.)

1838, vom 6. bis 8. Flaugergues sah zu Toulon am 6. von 8 Uhr 55 Minuten bis 9 Uhr 15 Minuten Abends 42 Sternschnuppen, die von einem um das Zenith gelegenen Punkte ausgingen; Colla hat diese Erscheinung am 7. zu Parma, Quetelet in den Abendstunden des 8. zu Brüssel beobachtet; Herrick zählte zu New-Haven in den Vereinigten Staaten am 7. von 8 bis 10 Uhr Abends 164 Meteore. Drei Viertel derselben schienen von einem nahe beim Stuhle der Cassiopeja gelegenen Punkte auszugehen. (Quetelet.)

1847, den 8. und 10. Heis beobachtete Sternschnuppenströme. (v. Humboldt, Kosmos.)

1833, vom 11. bis 15. In der Nacht vom 11. zum 12. sah Colla zu Parma eine große Menge Sternschnuppen von verschiedenen Größen, die fast alle gegen SSO. gerichtet waren. Dieser Astronom meldet auch reichliche Erscheinung dieser Meteore in der Nacht vom 14. zum 15. (Quetelet.)

1830. „In der Nacht vom 12. bis 13. December wurden bei Heiligenstadt auf dem Eichsfelde in kurzer Zeit an 40 Feuerkugeln bemerkt, welche beim Entstehen einen Blitz verbreiteten, sich mit zischendem Geräusche südöstlich bewegten, und beim Niederfallen den Schein eines Sternes von sich gaben.“ (Pogg. Ann. 24.)

599, den 29. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

930, den 30. „Ein lebhaftes Licht durchzog den Himmel von NO. nach S.“ (Chasles.)

848, den 31. „Man sieht erschreckliche feurige Lanzen gegen Norden und Osten.“ (Chasles.)

Die vorstehenden Beobachtungen zeigen, daß man besonders vom 5. bis zum 15. December nach massenhaften periodischen Sternschnuppenströmen für diesen Monat zu suchen habe.

Zählt man für jeden Monat die Erscheinungen von Sternschnuppenschwärmen zusammen, so erhält man folgende Werthe:

Januar	10	
Februar	10	
März	12	
April	17	55
Mai	4	
Juni	2	
Juli	14	
August	56	
September	13	
October	29	166
November	37	
December	17	

Es ist bemerkenswerth, daß ebenso wie die Meteorsteinfälle, die Erscheinungen der Feuerkugeln und die sporadischen Sternschnuppen, auch die Sternschnuppenströme viel zahlreicher sind vom Juli bis December als vom Januar bis Juni. Die Erde begegnet also in ihrem Laufe einer größern Anzahl kosmischer Meteore, wenn sie sich vom Aphelium zum Perihelium bewegt, als wenn sie vom Perihelium zum Aphelium geht.

Siebentes Kapitel.

Historische Notizen über die Erklärung der kosmischen Meteore.

In dem Leben Lysander's drückt sich Plutarch nach Humboldt's Uebersetzung in folgender Weise aus: „Wahrscheinlich ist die Meinung Einiger, die gesagt haben: die Sternschnuppen seien nicht Abflüsse noch Verbreitungen des ätherischen Feuers, welches in der Luft verlösche gleich bei seiner Entzündung; noch auch Entflammung und Entbrennung von Luft, die sich in Menge abgelöst habe nach der oberen Region: sondern Wurf und Fall himmlischer Körper, welche,

wie durch einen Nachlaß des Schwunges und eine ungeregelte Bewegung, durch einen Abſprung, nicht blos auf den bewohnten Raum der Erde geſchleudert werden, ſondern meiſtentheils außerhalb in das große Meer fallen, weshalb ſie auch verborgen bleiben."

Dieſe Anſichten ſind den Vorſtellungen verwandt, welche jetzt im Allgemeinen über den Urſprung der kosmiſchen Meteore Geltung haben. In dem folgenden Satze des Diogenes von Apollonia findet ſich in noch beſtimmterer Weiſe die Meinung der neuern Zeit über den Umlauf dieſer Meteore im Raume, bevor ſie durch Entzünden oder Herabfallen auf die Erde ſichtbar werden. „Unter den ſichtbaren Sternen, ſagt der Philoſoph von Apollonia, bewegen ſich auch unſichtbare, denen man folglich keinen Namen hat geben können. Letztere fallen oft auf die Erde und verlöſchen, wie jener Stern aus Stein, der ganz feurig bei Aegospotamos fiel." Mit dieſen richtigen Ideen verbanden ſich zweifelsohne auch irrige Hypotheſen, die beſonders aus jenem Hange zu eingebildeten Syſtemen hervorgingen, in welchen während ſo vieler Jahrhunderte allen Phänomenen ein irdiſcher Urſprung zuſchrieben wurde, und denen gemäß unſere Erde als Centralkörper des Univerſums, von welchem Alles käme und auf welchen ſich Alles bezöge, betrachtet werden ſollte.

Gegen die Erklärung der Entzündung der kosmiſchen Meteore, wonach dieſelbe nämlich durch eine Verbindung ihrer Materie mit den Stoffen unſerer Atmoſphäre infolge einer durch den Widerſtand der Luft und die außerordentlich große Geſchwindigkeit der Sternſchnuppen und Feuerkugeln veranlaßten Temperaturerhöhung hervorgerufen werden ſoll, hat man die große Höhe eingewandt, in der viele dieſer Phänomene erſcheinen. Es iſt indeß nicht ſchwer, dieſe Schwierigkeit zu umgehen, und Urſachen aufzufinden, durch welche feurige Materien weit jenſeit der äußerſten Schichten der gasförmigen Umhüllung unſeres Planeten ſich entzünden können. Poiſſon ſpricht ſich in dieſer Beziehung in ſeinen Recherches sur la probabilité des jugements folgendermaßen aus:

„In einem Abſtande von der Erde, wo die Dichtigkeit der Luft ganz und gar unmerklich iſt, würde es ſchwierig ſein, das Erglühen der Meteorſteine, wie man gethan hat, einer Reibung an den Luft-

theilchen zuzuschreiben. Könnte man nicht annehmen, daß das elektrische Fluidum in neutralem Zustande eine Art Atmosphäre bilde, die sich weit über die Luftmasse hinaus erstreckte, die, obschon physisch imponderabel, doch der Anziehung der Erde unterworfen wäre, und folglich unserm Planeten in seinen Bewegungen folgte? Nach dieser Hypothese würden die Körper, um die es sich handelt, bei ihrem Eintritte in diese imponderable Atmosphäre durch ungleiche Wirkung auf die beiden Elektricitäten das neutrale Fluidum zersetzen, und so durch Elektrisiren sich erhitzen und glühend werden."

Da die Phänomene, welche die kosmischen Meteore darbieten, nicht constant sind, so ist übrigens die Annahme natürlich, daß mehrere Ursachen zu ihrer Erscheinung beitragen können. In einem Briefe an Quetelet macht Schmidt mit Recht darauf aufmerksam, „daß in den Meteoren die Farbenübergänge aus dem glänzendsten Weiß in Gelb, Gelblichroth, Grün und nebliges Grau, und ebenso der Farbenunterschied zwischen dem Schweife und dem eigentlichen Körper der Sternschnuppe eine individuelle chemische Verschiedenheit verrathen, so daß nicht alle Sternschnuppen als dieselbe Constitution besitzend betrachtet werden dürfen."

Die Anhänge und Schweife, setzt derselbe Astronom hinzu, verdienen nicht weniger unsere Aufmerksamkeit; denn merkwürdigerweise sind diese letztern bald vollkommen grade mit parallelen Rändern, bald breiter und glänzender nach der Mitte; bald zeigen sie sich am breitesten und glänzendsten an dem Orte, wo das Meteor erlischt. Die schnellere Abnahme des Lichtes, welche man einige Male in der Mitte der Schweife beobachtet hat, scheint im Allgemeinen die schon öfter ausgesprochene Ansicht zu bestätigen, daß die Schweife die Gestalt eines hohlen Cylinders oder Kegels besitzen.

Viele Physiker und Astronomen haben einen gewissen Zusammenhang zwischen den großen Erscheinungen kosmischer Meteore und dem Nordlichtern angenommen; das Zusammentreffen der beiden Erscheinungen ist aber zu selten mit Sicherheit beobachtet, als daß man die Thatsache schon jetzt als erwiesen ansehen dürfte.

Ich habe angeführt, daß die großen Sternschnuppenströme gemeiniglich in einer der Translationsbewegung der Erde in ihrer Bahn

grade entgegengesetzten Richtung erscheinen. Diese Beobachtung führt zu der Annahme, daß man durch Verlängerung der Tangente an dem Punkte der Bahn, wo die Erde sich in jedem Augenblicke befindet, dasjenige Sternbild am Himmelsgewölbe treffen muß, von dem aus die Sternschnuppen zu divergiren scheinen. Bisweilen gibt es mehrere Ausgangspunkte, die nicht immer in demselben Sternbilde liegen; woraus man schließen muß, daß die Sternschnuppenschwärme bestimmte Ringe um die Sonne bilden. „Für die Augustperiode, sagt mein berühmter Freund A. v. Humboldt, hat Heis außer dem Hauptausgangspunkt des Algol im Perseus noch zwei andere gefunden, im Drachen und im Nordpol." Heis ist in folgender Weise verfahren:

„Um genaue Resultate über die Ausgangspunkte der Sternschnuppenbahnen in der Novemberperiode für die Jahre 1839, 1841, 1846 und 1847 zu ziehen, wurden für einen jeden der vier Punkte (Perseus, Löwe, Cassiopeja und Drachenkopf) einzeln die zu demselben gehörigen Mittelbahnen auf eine 30zöllige Himmelskugel aufgezeichnet, und jedes Mal die Lage des Punktes ermittelt, von welchem die meisten Bahnen ausgingen. Die Untersuchung ergab, daß von 407 der Bahn nach verzeichneten Sternschnuppen 171 aus dem Perseus nahe beim Sterne η im Medusenhaupte, 83 aus dem Löwen, 35 aus der Cassiopeja in der Nähe des veränderlichen Sternes α, 40 aus dem Drachenkopfe, volle 78 aber aus unbestimmten Punkten kamen. Die Zahl der aus dem Perseus ausstrahlenden Sternschnuppen betrug also fast doppelt so viel als die des Löwen."

Die neuern Beobachtungen, die so sehr vervielfältigt worden sind, seit A. v. Humboldt und ich beharrlich die Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit des Phänomens gelenkt haben, scheinen übrigens zu beweisen, daß die beiden Richtungen, welche die Verbindungslinien der Erde mit den Sternbildern des Perseus und des Löwen angeben, in der Erzeugung von Sternschnuppen stets eine große Rolle spielen. A. v. Humboldt theilt über diesen Gegenstand einen Auszug aus einem von J. Schmidt (jetzt in Olmütz) an ihn geschriebenen Briefe mit:

„Abstrahire ich von den reichen Sternschnuppenfällen im November 1833 und 1834, so wie von einigen der spätern Art, wo der

Punkt im Löwen ganze Schaaren von Meteoren aussandte; so bin ich gegenwärtig geneigt, den Perseus-Punkt als denjenigen Convergenzpunkt zu betrachten, welcher nicht blos im August, sondern das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Dieser Punkt liegt, wenn ich die aus 478 Beobachtungen von Heis ermittelten Werthe zu Grunde lege, in RA. 50°,3 und Decl. 51°,6 (gültig für 1844,6). Im November 1849 (7. bis 14.) sah ich ein paar hundert Sternschnuppen mehr, als ich seit 1841 je im November bemerkt hatte. Von diesen kamen im Ganzen nur wenige aus dem Löwen, bei weitem die meisten gehörten dem Sternbilde des Perseus an. Daraus folgt, wie mir scheint, daß das große Novemberphänomen von 1799 und 1833 damals (1841) nicht erschienen ist. Auch glaubte Olbers an eine Periode von 34 Jahren für das Maximum der Novembererscheinung. Wenn man die Richtungen der Meteorbahnen in ihrer ganzen Complication und periodischen Wiederkehr betrachtet: so findet man, daß es gewisse Radiationspunkte gibt, die immer vertreten sind; andere, die nur sporadisch und wechselnd erscheinen."

Die scheinbaren Bewegungen der Sternschnuppen sind bisweilen rechtläufig, bisweilen aber auch rückläufig, d. h. sie sind bisweilen, anstatt von dem Löwen anscheinend auszugehen, gegen dieses Sternbild gerichtet. Valz hat mit Recht die Aufmerksamkeit auf diese Eigenthümlichkeit des Phänomens gelenkt, die man nur durch die Annahme erklären kann, daß die rechtläufige absolute Bewegung der Asteroidenringe, welche in beträchtlichem Abstande die Sonne umgeben, bald etwas langsamer, bald etwas schneller ist als die Bewegung der Erde.

Die verschiedenen Asteroidenringe, welche die Sonne umgeben, können sehr verschieden zusammengesetzt sein, und sehr ungleich dicht zusammengehäufte Schwärme darbieten. Indeß, wenn diese Körper auch für uns nur bei ihrer Annäherung an die Erde sichtbar werden, müssen sie sich doch auf die Sonne projiciren. Nun verdunkelt sich die Sonne bisweilen plötzlich, und ihr Licht wird dergestalt geschwächt, daß man Sterne am vollen Mittage sieht. Humboldt erinnert mit Recht, „daß ein derartiges Phänomen, das weder durch vulkanische Asche oder Höhenrauch (Moorrauch) erklärbar ist, im Jahre 1547 um

die Zeit der verhängnißvollen Schlacht bei Mühlberg eintrat, und drei Tage dauerte. Diese wundersamen Verfinsterungen, setzt derselbe hinzu, wurden von Keppler bald einer materia cometica, bald einem schwarzen Gewölk, das rußige Ausdünstungen des Sonnenkörpers erzeugen, zugeschrieben. Kürzere, drei- und sechsstündige Verdunkelungen in den Jahren 1090 und 1208 erklärten Chladni und Schnurrer durch vorbeiziehende Meteormassen."

Messier erzählt, daß er am 17. Juni 1777 um die Mittagszeit fünf Minuten lang eine außerordentliche Zahl schwarzer Kügelchen vor der Sonne vorbeiziehen sah. Waren diese Kügelchen nicht ein Theil eines der Asteroidenringe, deren Vorhandensein alle Beobachtungen der kosmischen Meteore wahrscheinlich machen? Zwei andere Verdunkelungen der Sonne, eine im Anfange des Februar 1106, und eine zweite am 12. Mai 1706, während welcher um 10 Uhr Morgens die Finsterniß so groß wurde, daß die Fledermäuse zu fliegen begannen, und man genöthigt war Licht anzuzünden, scheinen keine andere Erklärung zu gestatten. Astronomen, unter ihnen A. Erman und Petit, haben daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit den Schluß gezogen, daß man in der Zwischenstellung einer großen Menge von Asteroiden, eines der fraglichen Asteroidenringe von beträchtlicher Dicke, zwischen Erde und Sonne die Ursache der Temperaturerniedrigung zu suchen habe, die periodisch im Februar und Mai eintritt.

Sonach gibt es also Körper, deren Vorhandensein uns blos durch Phänomene des Erglühens in der Nähe unserer Erde bekannt geworden ist, und die uns nur durch die Verdunkelung des im Brennpunkte aller Planetenbahnen befindlichen leuchtenden Gestirns sichtbar werden. Sollten nun aber diese Körper, wenn sie Ringe von einer gewissen Dichtigkeit bilden, nicht auch, wenigstens als Gesammtmasse durch Reflexion des Sonnenlichtes sichtbar werden können? Bei seinen Untersuchungen über das Zodiakallicht (Bd. 12, S. 174) wurde Dom. Cassini zu der Annahme einer ungeheuren Nebelmasse geführt, die in großem Abstande kreisförmig um die Sonne, nahezu in der Aequatorebene dieses Gestirns, verbreitet wäre. Es würde dann das Zusammentreffen unserer Erde bei ihrem Laufe um die Sonne mit den Körpern dieser Nebelmasse sämmtliche im Vorhergehenden betrachteten kos-

miſchen Meteore erzeugen. Auf ſolche Weiſe treten doch endlich die verſchiedenen Phänomene am geſtirnten Himmel und in der Meteorologie, ſelbſt wenn ſie anfangs durch ihre Unbeſtändigkeit alle noch ſo ſcharfſinnigen Bemühungen der Menſchen zu vereiteln ſcheinen, nach einem gründlichen Studium in eine großartige Beziehung zu einander.

Siebenundzwanzigſtes Buch.

Jupiter.

Erſtes Kapitel.

Anblick des Jupiter. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Jupiter wird durch das Zeichen ♃ dargeſtellt, in welchem einige den verzerrten Anfangsbuchſtaben der griechiſchen Benennung dieſes Planeten (*Ζεύς*), andere aber ein Bild der Zickzackform des Blitzes wieder zu finden geglaubt haben. Der Name, welchen die Aegypter dieſem Planeten beilegten, bedeutete glänzend; ſie nannten ihn auch Oſiris. Die Griechen deuteten ſeinen Glanz an, indem ſie ihn bisweilen mit dem Namen *Φαέθων* bezeichneten. Die indiſche Benennung Jupiters war nach Bopp Vrihaspati, oder nach älterer vediſcher Schreibart, der Laſſen folgt, Brihaspati, Herr des Wachſens; dieſer Name einer vediſchen Gottheit iſt gebildet aus vrih (brih) wachſen und pati Herr[1]).

Das Funkeln des Jupiters, wenn anders daſſelbe exiſtirt, iſt nur unter ſehr exceptionellen Umſtänden bemerkt worden.

Die Winkeldiſtanz des Jupiters von der Sonne, gerechnet von der Erde als Mittelpunkt von Weſt nach Oſt, wächſt immerfort von 0 bis 360°. Wenn dieſe Diſtanz 0 iſt, ſo ſagt man, der Planet ſtehe in Conjunction; er geht dann mit der Sonne gleichzeitig durch den Meridian. Dagegen findet ſein Durchgang durch den Meridian um Mitternacht ſtatt, wenn die Winkeldiſtanz beider Himmelskörper 180° erreicht; Jupiter ſteht dann in der Oppoſition. In den

Quadraturen steht Jupiter, wenn seine Winkeldistanz von der Sonne 90 oder 270° beträgt; er geht dann um 6 Uhr Morgens oder 6 Uhr Abends durch den Meridian. Diese Regelmäßigkeit in der scheinbaren Bewegung des Jupiter hört aber auf, sobald man den Planeten mit den Fixsternen vergleicht.

Zu der Zeit, wo man Morgens kurz vor dem Aufgange der Sonne den Planeten am Horizonte erblickt, erscheint seine Bewegung in Bezug auf die Sterne direct oder von West nach Ost gerichtet, und seine Geschwindigkeit ist in ihrem Maximum. Von da an nimmt die Geschwindigkeit der täglichen Bewegung immerfort ab bis zu der Zeit, wo der Planet ungefähr 115° von der Sonne entfernt ist. An diesem Tage, so wie an den nächstfolgenden, erscheint der Planet stationär, so daß man ihn, falls ihn nicht sein Glanz verriethe, mit einem Fixsterne verwechseln könnte. Darauf beginnt Jupiter seinen scheinbaren Lauf durch die Sternbilder von Osten nach Westen; in dieser rückläufigen Bewegung erreicht seine Geschwindigkeit ihr Maximum am Tage der Opposition. Von da aus wird sie wieder langsamer, und der Planet erscheint zum zweiten Male stationär, wenn seine Winkeldistanz von der Sonne abermals ungefähr 115° beträgt.

Nach einigen Tagen setzt sich der Planet wieder in Bewegung, anfangs langsam, später mit wachsender Geschwindigkeit und zwar stets in der Richtung von West nach Ost, bis zur Conjunction. Der Bogen seiner rückläufigen Bewegung mißt ungefähr 10°, und die Zeit, welche Jupiter gebraucht, um ihn zu durchlaufen, beträgt 121 Tage. Indeß ändern sich diese beiden Zahlen merklich je nach der Stellung des Planeten in seiner Bahn.

Die Bewegung des Jupiter erfolgt nicht in der Ebene der Ekliptik; er ist bisweilen 1° 19′ davon entfernt.

Die Zeit, welche Jupiter gebraucht, um zu denselben Sternen zurückzukehren oder die Dauer seines siderischen Umlaufs beträgt 4332,584 Tage oder 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Min. 7 Sec.

Die synodische Umlaufszeit, oder die Zeit seiner Rückkehr zu derselben Stellung in Bezug auf die Sonne beträgt 399 Tage oder 1 Jahr 34 Tage; 278 Tage dauert die rechtläufige, und 121 Tage die rückläufige Bewegung.

Die Neigung der Jupitersbahn gegen die Ebene der Ekliptik beträgt 1° 18′ 52″, und ihre Neigung gegen den Erdäquator 24° 18′ 28″.

Der mittlere Abstand des Planeten von der Sonne ist 5,203, den mittleren Abstand der Erde von der Sonne gleich 1 gesetzt; der Abstand im Perihelium ist 4,953 und im Aphelium 5,153.

Die Excentricität ist gleich 0,048; die Länge des Periheliums 11° 7′ 38″; die des aufsteigenden Knotens 98° 25′ 45″, und die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 81° 54′ 49″.

Diese Elemente der Jupitersbahn sind den Bouvard'schen Tafeln entnommen.

Werden die von der Sonne der Erde zugesandten Licht- und Wärmemengen gleich 1 gesetzt, so empfängt die Oberfläche des Jupiter nur die Menge 0,037.

Jupiter zeigt selbst in den Quadraturen keine merklichen Phasen; im 8. Kapitel werden wir aus anderweitigen Beobachtungen schließen können, daß der Planet nicht selbstleuchtend ist, sondern das Licht, mit welchem er glänzt, von der Sonne entlehnt.

Jupiter glänzt so hell, daß verschiedene Beobachter bei sehr reinem Himmel und zur Zeit seines größten Glanzes die Wahrnehmung gemacht zu haben glauben, daß sein Licht hinter einem undurchsichtigen Körper einen merklichen Schatten werfe.

Zweites Kapitel.

Größe des Jupiter.

Der Winkeldurchmesser des Jupiter ist sehr merklich und ändert sich mit seiner Stellung; die größten Werthe desselben treten um die Zeit der Opposition ein, während die kleinsten um die Zeit der Conjunction beobachtet werden. Diese Aenderungen in der scheinbaren Größe seiner Scheibe beweisen, daß der Planet von der Erde nicht immer gleich weit entfernt ist; bei mittlerem Abstande des Jupiter von der Erde steigt sein größter Durchmesser (im 4. Kapitel wird man den Grund dieser Beschränkung finden) bis 38″4 und dieser Werth

ſchwankt zwiſchen den Gränzen 30″ und 46″; daraus folgt, daß der wahre Durchmeſſer des Jupiter 11,2 beträgt, wenn der unſerer Erde gleich 1 geſetzt wird.

Der körperliche Inhalt des Jupiter, denſelben als ſphäriſch angenommen, würde alſo 1414 Mal größer ſein, als der der Erde.

Die Figur 329 zeigt die Verhältniſſe der ſcheinbaren Größen der Scheibe des Jupiter, und zwar A in ſeinem größten, C in ſeinem

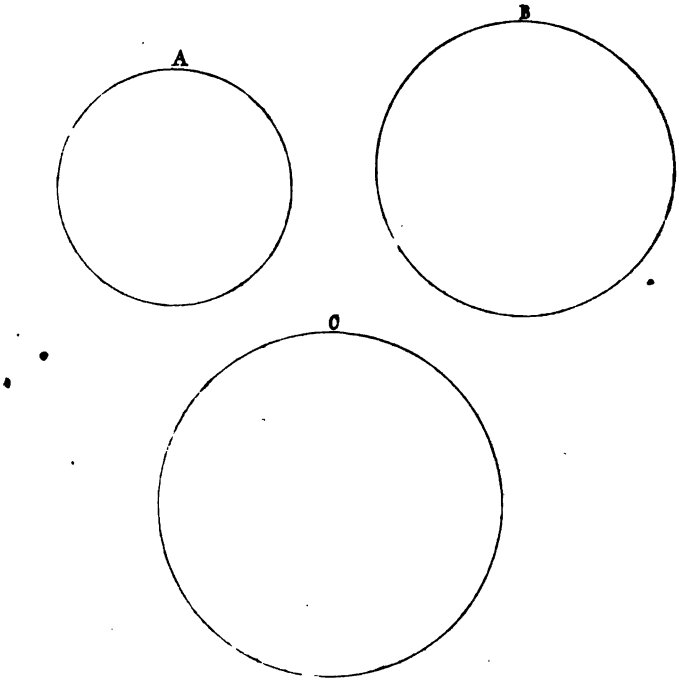


Fig. 329. — Scheinbare Größen der Scheibe des Jupiter in den extremen und mittleren Abſtänden von der Erde.

kleinſten und B in dem mittleren Abſtande von der Erde; dieſe Figur iſt nach demſelben Maaßſtabe entworfen (1 Millimeter für 1 Secunde), wie die früheren Figuren in dieſem Werke, welche die Scheiben des Merkur, der Venus und des Mars darſtellen.

Der wahre mittlere Durchmeſſer des Jupiter beträgt 19294 Meilen.

Drittes Kapitel.

Flecken des Jupiter. — Seine Rotationsbewegung.

Zufällige, auf der ſichtbaren und leuchtenden Oberfläche des Planeten beobachtete Flecken liefern den Beweis, daß dieſe Oberfläche ſich in der Richtung von Weſt nach Oſt ſich um ſich ſelbſt dreht, und zwar in einer viel kürzern Zeit als die Umdrehung der untern Planeten Merkur und Venus, und ſelbſt des Mars erfolgt.

Die Umdrehungszeit der ſichtbaren Oberfläche des Jupiter beträgt im Mittel 9 Stunden 55 Minuten.

Indeß ergeben nicht alle Flecken genau daſſelbe Reſultat, woraus wir ſchließen müſſen, daß ſie ſelbſt eine gewiſſe Beweglichkeit beſitzen, oder daß ſie immitten einer den Planeten umhüllenden Atmoſphäre entſtehen.

Die Umdrehungsaxe des Jupiter iſt faſt ſenkrecht auf der Bahn, welche dieſer Planet um die Sonne beſchreibt; ihre Neigung iſt nämlich 86° 54′; der Winkel, welchen dieſe Umdrehungsaxe mit der Ebene der Ekliptik macht, beträgt 88° 13′.

Im Jahr 1665 entdeckte Caſſini in Italien die Rotation des Jupiter; es diente ihm dazu ein Flecken, welcher dem ſüdlichen Streifen anzuhängen ſchien, und deſſen Mittelpunkt von dem des Planeten um ein Drittel des Halbmeſſers abſtand; der hierbei erhaltene Werth war 9 Stunden 56 Minuten. Später, im Jahr 1672, gaben analoge, von demſelben großen Aſtronomen an einem Flecken, den er mit dem in Italien beobachteten für identiſch hielt, angeſtellte Beobachtungen 9 Stunden 55 Minuten 51 Secunden. Als er 1677 dieſe wichtige Unterſuchung wieder aufnahm, fand er die Umdrehungszeit 9 Stunden 55 Minuten 50 Secunden; indeß hatte dieſe ſchöne Uebereinſtimmung 1690 ein Ende. Aus der um dieſe Zeit ausgeführten Beobachtung eines Fleckens, der dem ſüdlichen Streifen ſehr nahe am Mittelpunkte anzuhängen ſchien, fand er für die Rotation 9 Stunden 51 Minuten. Dies von dem frühern ſo abweichende Reſultat wurde

1691 durch die Beobachtung zweier hellen Flecken auf dem dunkeln Streifen, welcher auf der Nordseite dem Mittelpunkte am nächsten liegt, und ebenso eines dunkeln zwischen den beiden centralen Streifen gelegenen Fleckens bestätigt. Im Jahr 1692 gaben Flecken für die Umlaufszeit sogar nur den Werth von 9 Stunden 50 Minuten [2]).

Die beträchtlichen Unterschiede zwischen diesen verschiedenen Resultaten haben zu der Annahme geführt, daß die Flecken in einer sehr bewegten Atmosphäre schwimmende Wolken seien. Diese Flecken besitzen, wie dies aus den vorstehenden Resultaten folgt, eine um so raschere Bewegung, je näher sie dem Mittelpunkte des Planeten liegen. Man könnte also, sagt Fontenelle, die Bewegungen dieser Flecken mit den Strömen vergleichen, welche in der Nähe des Erdäquators herrschen [3]). Indeß scheint mir dieser Vergleich nicht stichhaltig; die Passatwinde wehen von Ost nach West, und reißen in derselben Richtung die in diesen Gegenden der Atmosphäre befindlichen Wolken mit sich fort. Diese Wolken entsprechen also durch ihre Ortsveränderung in 24 Stunden immer westlicher und westlicher gelegenen Theilen der festen Erdrinde; folglich müßte ein auf dem Monde oder auf der Sonne befindlicher Beobachter, der die Umdrehungszeit der Erde aus der Beobachtung einer dieser Wolken bestimmen wollte, eine größere Zahl als die aus der Beobachtung eines Punktes der festen Erdrinde selbst sich ergebende finden.

Im Jahre 1781 hat Herschel eine Abhandlung veröffentlicht, in welcher er über die im Jahre 1778 mittelst eines und desselben schwarzen Fleckens erhaltenen Bestimmungen der Umdrehungszeit des Jupiter berichtet [4]); sie variiren von 9 St. 55 Min. 40 Sec. bis 9 St. 54 Min. 53 Sec. Im Jahre 1779 gab ein heller ebenfalls in der Gegend des Aequators befindlicher Flecken für die Umdrehungszeit bald 9 St. 51 Min. 45 Sec., bald 9 St. 50 Min. 48 Sec.

Herschel erklärt die großen Differenzen zwischen allen diesen Beobachtungen durch die eigenen Bewegungen der Flecken, und hält es mit Fontenelle für wahrscheinlich, daß dieselben von Winden herrühren, welche in den äquatorealen Gegenden des Planeten wehen, ähnlich wie unsere Passatwinde, jedoch mit Ausnahme der Richtung, wie wir so eben gesehen haben. Ich will hinzufügen, daß man, um die verschie-

denen Resultate Herschels mit dem im Allgemeinen von Cassini gegebenen Werthe von 9 St. 56 Min. für die außerhalb des Aequators befindlichen Flecken zu vereinigen, annehmen müßte, gewisse von Herschel beobachtete Wolken hätten in 10 Stunden eine eigene Bewegung von fast drei Graden des Jupitersäquators, d. h. eine Geschwindigkeit von 48 Meilen in der Stunde besessen [5]).

Die neuesten Beobachtungen über die Umdrehungszeit des Jupiter sind von Beer und Mädler gemacht worden; sie umfassen den Zeitraum vom November 1834 bis zum April 1835. Aus den Beobachtungen von in 5° nördl. Br. gelegenen Flecken erhielten sie 9 St. 55 Min. 26 Sec., wobei zu bemerken, daß dies Resultat ein Mittelwerth ist, und daß die durch Beobachtung von zwei gleichzeitig vorhandenen Flecken erhaltenen Umdrehungszeiten nicht gleich sind [6]). Fast zu derselben Zeit von Airy ausgeführte Beobachtungen gaben diesem Astronomen 9 St. 55 Min. 21 Sec. mittlerer Zeit.

Ich schließe dieses Kapitel mit einer Zusammenstellung der von verschiedenen Astronomen aus der Beobachtung verschieden gelegener Flecken erhaltenen Resultate.

Cassini	9 St.	56 Min.	— Sec.	im Jahre 1665
Derselbe . . .	9	50	—	1692
Maraldi . . .	9	56	—	1713
J. de Sylvabelle	9	56	—	1773
Herschel . . .	9	55	40	1778
Derselbe . . .	9	50	48	1779
Schröter . . .	9	56	56	1785
Derselbe . . .	9	55	18	1786
Airy	9	55	24	1834 u. 1835
Beer und Mädler	9	55	26	1834 u. 1835.

Viertes Kapitel.

Geſtalt des Jupiter.

Der Durchmeſſer des Jupiter in der Richtung ſeiner Umdre hungsaxe iſt im Verhältniß von 17 zu 18 kleiner als der Aequatoreal durchmeſſer oder der auf dem erſtern ſenkrecht ſtehende.

Im Jahre 1647 ſagte Hevel in ſeiner Selenographie, daß Jupi ter ihm ziemlich rund erſcheine[7]).

J. D. Caſſini bemerkte um 1665 in Italien, daß die Scheib dieſes Planeten nicht rund war, daß vielmehr der Aequatorealdurch meſſer den Polardurchmeſſer übertraf. Picard und Flamſteed, denen dieſe Beobachtung mitgetheilt ward, hielten dieſelbe für richtig; abe weder der eine noch der andere dieſer beiden Aſtronomen verſuchte ode vermochte die Größe dieſer Abplattung zu beſtimmen. Gegen End des Jahres 1690 bemerkte derſelbe J. D. Caſſini keine Abplattun an der Scheibe des Jupiter, obwohl er dieſer Geſtaltsveränderun alle Aufmerkſamkeit zuwandte und ihr ein beſonderes Kapitel ein 1691 veröffentlichten Abhandlung widmete.

Im Jahre 1691 gab Caſſini die Größe der Abplattung zu $^1/_{15}$ an

Im Jahre 1719 fand Pound, der dieſelbe auf Newton's An ſuchen mittelſt eines Huygens'ſchen Fernrohrs von 130 Fuß gemeſſe hatte, als Mittelwerth $^1/_{13}$.

Derham berichtet in ſeiner Phyſikotheologie, daß die zu ſein Zeit lebenden Aſtronomen den Unterſchied zwiſchen den beiden Durch meſſern des Jupiter auf $^1/_{10}$ ſchätzten; er glaubte aber nicht, da eine ſo kleine Differenz durch Beobachtung beſtimmt werden könnte un zweifelte für ſeine Perſon an dem Vorhandenſein einer Abplattung[8]

Rochon erhielt 1777 durch die Beobachtung an einem einzig Abende eine Abplattung von $^1/_{16}$.

Short beobachtete mit einem achromatiſchen Heliometer und glaub nach Lalande's Berichte dieſe Abplattung auf $^1/_{14}$ ſetzen zu können[9].

Schröter hat um 1785 $^1/_{12}$ erhalten[10]).

Ich ſelbſt habe durch zahlreiche auf der pariſer Sternwarte von April 1812 bis zum Juni 1814 gemachte Beobachtungen $^1/_{17}$ g funden.

Nach Struve würde dieſe Abplattung $^1/_{14}$ oder genauer $^1/_{13,7}$ betragen.

Beer und Mädler haben 1839 $^1/_{20}$ gefunden[11]).

Es iſt auffallend, daß die verſchiedenen Aſtronomen, durch welche die Größe der Abplattung des Jupiter beſtimmt worden, ſich nicht die Frage vorgelegt haben, ob dieſer Planet elliptiſch ſei, ob ein um 45° gegen den Aequatorealdurchmeſſer geneigter Durchmeſſer eine mittlere Größe zwiſchen jenem und dem Polardurchmeſſer beſitze? Ich ſelbſt habe dieſe Frage nicht unbeachtet gelaſſen; zahlreiche 1813 in 45° Abſtand vom Pole oder vom Aequator ausgeführte Meſſungen haben mir keinen Grund zu der Annahme gegeben, daß die Scheibe des Jupiter merklich von einer Ellipſe abweiche.

Schröter berichtet, daß er und ſeine Mitarbeiter, mit verſchiedenen Inſtrumenten verſehen, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts eines Tages eine locale Abplattung am Südpole des Planeten ſahen. Sie fügen hinzu, daß ſie zu der Zeit, wo nach der Berechnung mittelſt der Umdrehungszeit das Phänomen ſich hätte wieder zeigen ſollen, daſſelbe nicht wahrzunehmen vermochten. Dieſe zufällige Beobachtung ſcheint ſonach in die Klaſſe der optiſchen Täuſchungen zu gehören, gegen welche auch die geübteſten Beobachter ſich nicht immer zu ſchützen vermögen.

Fünftes Kapitel.

Die Streifen des Jupiter. — Seine Atmoſphäre.

Außer den Flecken, welche zur Beſtimmung der Umdrehungszeit gedient haben, bemerkt man auf der Scheibe des Jupiter dunkle Streifen (Gürtel), die ganz um den Planeten herumlaufen; dieſe Streifen ſind unter einander und mit der Ebene der Ekliptik parallel oder, wenn man will, ſenkrecht auf ſeine Umdrehungsaxe.

Die Streifen des Jupiter ſind leicht, ſelbſt mit ſehr mäßig vergrößernden Inſtrumenten wahrzunehmen; weshalb es nicht wenig in Erſtaunen ſetzt, daß derſelben in Galilei's Schriften keine Erwähnung

geſchieht. Sollten dieſelben zur Zeit dieſes unſterblichen Beobachters nicht exiſtirt haben?

Riccioli berichtet, daß die erſten Beobachtungen dieſer Streifen zu Rom von dem Pater Zucchi am 17. Mai 1630 gemacht worden ſeien; auch nennt er die Jeſuitenpaters Zuppi und Bartoli, ſowie Fontana als ſolche, welche dieſelben Streifen 1633 wahrgenommen hätten [12]).

Huygens erzählt in ſeinem 1659 erſchienenen Systema saturnium, daß er bisweilen die Streifen des Jupiter leuchtender als die übrige Scheibe geſehen habe; jetzt ſind ſie merklich dunkler. Iſt dies aber ein Grund, um die Beobachtung des holländiſchen Aſtronomen in Abrede zu ſtellen? Wie wir ſogleich ſehen werden, verſchwinden die Streifen bisweilen; könnte nicht der Fall eintreten, daß zur Zeit wo ſie ſich wieder bilden, die Materie, die ihren Platz einnahm, in einen eigenthümlichen Zuſtand geriethe, der ſie geeignet machte, das Sonnenlicht ſtärker zu reflectiren als alle anderen Theile der Scheibe?

Die neuen Vorgänge, welche am Himmel ſtatt gefunden zu haben ſcheinen, und deren bald Erwähnung geſchehen wird, beſonders die 1850 im Innern des Saturnsringes wahrgenommenen, müſſen uns ſehr vorſichtig machen, wenn es ſich um Ausſprüche über die Wirklichkeit älterer aus glaubwürdigen Quellen ſtammender Beobachtungen handelt.

J. D. Caſſini führt in ſeiner 1691 zu Paris erſchienenen Abhandlung an, daß die beiden dunklen und centralen Streifen des Jupiter bereits 1630 wahrgenommen worden ſeien. Dieſe beiden Streifen ſind merkwürdig durch ihre, wenn nicht abſolute, ſo doch wenigſtens relative Beſtändigkeit; Caſſini behauptete 1691, ſie ſeien ſeit 40 Jahren ſichtbar. Ich habe nur relative Beſtändigkeit geſagt, weil es ſcheinen dürfte, als ob dieſe beiden centralen Streifen doch bisweilen verſchwinden. In der That berichtet Hevel in ſeiner Selenographie, daß er 1647 auf dem Jupiter keine Streifen ſah, obſchon er Wolken daſelbſt bemerkte. Auch William Herſchel verſichert in einer 1793 veröffentlichten Abhandlung, daß er ein Mal den Planeten ganz ohne Spuren von Streifen ſah. Im Jahre 1834 und 1835 war der nördliche Streifen nicht vorhanden; er war auf dem ganzen Umfange

des Planeten unsichtbar. Im December 1835 sah Mädler den südlichen centralen Streifen sich der Länge nach in zwei theilen.

Am 16. December 1690 bemerkte Cassini außer den beiden beständigen Streifen zwei südliche und zwei andere nördliche Streifen, die aber nicht ganz um den Planeten herumgingen, so daß Jupiter von sechs unter einander genau parallelen Streifen durchschnitten war.

Was auch die Ursache davon sein mag, es existiren auf dem Jupiter unter allen Breiten dunkle Materien, die eine Neigung haben sich in Streifen anzuordnen, welche mit den äquatorealen Streifen parallel sind.

Diese zufälligen Streifen laufen gewöhnlich nicht ganz um den Planeten herum; sie sind dergestalt unterbrochen, daß die Rückkehr ihrer Enden zu einer bestimmten Lage auf der scheinbaren Scheibe des Planeten zur Bestimmung der Umdrehungszeit dienen kann. Diese Bruchstücke von Streifen haben eine nur kurze Dauer; sie entstehen und vergehen in wenigen Tagen und selbst in wenigen Stunden.

Zuvor habe ich gesagt, daß die verschiedenen Streifen unter einander genau parallel seien; in Berlin während der Jahre 1834 und 1835 durch die bereits öfter genannten Astronomen Beer und Mädler gemachte Beobachtungen würden zu der Folgerung führen, daß sie bisweilen eine schwache Neigung gegen den Aequator des Planeten zeigen; dieselben geben an, daß die Mittellinie des nördlichen centralen Streifens mit dem Aequator einen Winkel von 49′ bildete [13]).

Die Ansichten in Betreff der Ursache der Streifen haben sehr wenig geschwankt; Huygens schrieb sie in seinem Systema saturnium mit dem Aequator des Planeten parallelen Wolken zu; ich erinnere daran, daß Huygens diese Streifen zu seiner Zeit leuchtender fand als die übrigen Theile der Scheibe.

Da Cassini die Beständigkeit des südlichen Streifens nicht mit einem atmosphärischen Phänomene vereinbar hielt, so glaubte er anfangs, daß dieser dunkle Streifen durch eine minder starke Zurückwerfung des Lichtes von einer besondern, ihm entsprechend vertheilten Materie entstehe, z. B. durch das Vorhandensein eines breiten äquatorealen flüssigen Gürtels, der im Norden und Süden von zwei festen und das Licht viel stärker reflectirenden Regionen eingeschlossen wäre. Nur

muß man, ſagt Caſſini, wenn eine dem Waſſer ähnliche Flüſſigkeit Urſache der Streifen iſt, annehmen, daß die Kugel des Jupiter mit Thälern bedeckt iſt, die ſeinem Aequator parallel gehen, ähnlich den Rinnen einer nur grob auf der Drehbank abgedrehten Kugel.

Herſchel ſprach ſeine Anſicht über die Urſache dieſer Streifen Jupiters in einer Abhandlung über die Venus im Jahre 1793 in folgender Weiſe aus: „Ich nehme an, daß die zwiſchen den dunklen eingeſchloſſenen hellen Streifen des Jupiter die Zonen ſind, wo die Atmoſphäre dieſes Planeten am meiſten mit Wolken erfüllt iſt. Die dunklen Streifen entſprechen denjenigen Gegenden, wo die vollkommen reine Atmoſphäre den Sonnenſtrahlen bis zu den feſten Theilen des Planeten durchzudringen geſtattet, wo meines Dafürhaltens die Reflexion weniger ſtark iſt, als an den Wolken.“

Lieſt man eine Abhandlung Herſchel's vom Jahre 1781, ſo wird man finden, daß dieſer große Aſtronom eine Anſicht Caſſini's oder vielmehr Fontenelle's annahm, indem er an das Vorhandenſein von den Paſſatwinden analogen Luftſtrömungen in den Aequatorgegenden Jupiters glaubte. Die Hauptwirkung dieſer regelmäßigen Winde ſollte ihm zufolge darin beſtehen, die Dämpfe der Atmoſphäre um den Aequator in parallele Streifen zu vereinigen.

Sollen derartige Vergleichungen der Phänomene auf dem Jupiter mit den in den Aequinoctialgegenden der Erde beobachteten aus dem Bereiche bloßer Vermuthungen heraustreten, ſo würden genaue Ermittelungen der Intenſitäten der Streifen im Verhältniß zu der Lichtſtärke der übrigen Theile der Scheibe erfordert werden; mittelſt genauer Meſſungen und nicht mittelſt bloßer Schätzungen wäre ferner zu unterſuchen, wie viel Wahres enthalten iſt in jener Behauptung von Huygens, daß der Abſtand der Streifen nicht immer derſelbe ſei, und ebenſo in jenem faſt damit zuſammenfallenden Ausſpruche John Herſchel's in ſeinen Outlines of Astronomy: „Die Streifen ändern ſich in Farbe und Lage[14].“

Meines Erachtens würde ſich die erſte dieſer beiden Aufgaben in folgender Weiſe löſen laſſen:

Geſetzt, das Licht des Jupiter ſei polariſirt, und, um von einem beſtimmten Falle auszugehen, möge die Polariſationsebene vertical

liegen. Wenn wir nun ein Rochon'ſches Fernrohr mit doppeltbrechendem Prisma auf den Planeten richten, und den ſogenannten Hauptſchnitt dieſes Prismas ebenfalls vertical ſtellen, ſo werden wir in dieſer Stellung nur ein Bild des Jupiter erblicken; das zweite unregelmäßig oder ungewöhnlich gebrochene Bild kann erſt entſtehen, ſobald wir den Hauptſchnitt des Prismas aus der verticalen Lage herausdrehen. Die Lichtſtärke dieſes zweiten Bildes, das ſtets auf Koſten des erſten entſteht, wird immerfort nach bekannten Geſetzen zunehmen, je mehr ſich das Prisma aus ſeiner urſprünglichen Lage entfernt. Wenn wir alſo, um beſtimmte Zahlenwerthe zu gebrauchen, die Lichtſtärke des gewöhnlichen Bildes in der anfänglichen Lage des Prismas mit 20 bezeichnen, ſo iſt die des ungewöhnlichen gleich Null; nach einer gewiſſen Drehung des Prismas erhält das gewöhnliche Bild die Intenſität 19 und das ungewöhnliche die Intenſität 1; bei weiterer Drehung erſteres 18, letzteres 2, darauf erſteres 17, letzteres 3, u. ſ. f. Geſetzt, das ungewöhnliche Bild eines hellen Streifens ſei an Intenſität gleich dem gewöhnlichen Bilde eines dunklen Streifens, wenn das Licht dergeſtalt zwiſchen dieſen zwei Bildern ſich theilt, daß erſteres die Intenſität 4 erhält und in letzterem die Intenſität 16 bleibt: ſo werden die urſprünglichen Intenſitäten der beiden Streifen in dem Verhältniß von $^{16}/_{20}$ zu $^{4}/_{20}$ oder von 16 zu 4 geſtanden haben.

Betrachten wir nun einen der beſtändigen dunklen Streifen, zwiſchen welchen der helle Aequatorealſtreifen liegt, ſo wird es leicht ſein, den Drehungswinkel des Prismas zu finden, bei welchem das ungewöhnliche Bild dieſes centralen Streifens genau dieſelbe Intenſität beſitzt als das übrig bleibende gewöhnliche Bild des dunklen Streifens; eine einfache Rechnung lehrt dann das Verhältniß der Lichtintenſitäten des hellen und dunklen Streifens in dem normalen Zuſtande des Planeten kennen.

Sollte man die Vergleichung der in zwei verſchiedenen Bildern gelegenen Streifen wegen der ganzen Umgebung nicht für thunlich halten, ſo könnte man den dunklen Streifen des regelmäßigen Bildes zwiſchen zwei Fäden oder beſſer zwiſchen zwei undurchſichtige feſte Platten eines gewöhnlichen Mikrometers, und ebenſo das unregelmäßige Bild des hellen Streifens zwiſchen zwei bewegliche Platten deſſelben

den Mikrometers einschließen; auf diese Weise blieben dann allein die zu vergleichenden Objecte sichtbar und die Beobachtung ihrer gleichen Lichtstärke würde sich ohne Schwierigkeit ausführen lassen. Zu der Zeit, wo ich mich mit Messungen am Jupiter beschäftigte, habe ich diese Beobachtungen nicht ausgeführt, weil ich damals nicht mit Sicherheit wußte, in welchem Verhältnisse sich das polarisirte Licht zwischen dem regelmäßigen und unregelmäßigen Bilde eines doppeltbrechenden Prismas theilt.

Was die zweite der obigen Aufgaben anbelangt, so will ich eine Anzahl Messungen aus meinen Beobachtungsjournalen entnehmen, die zu ihrer Lösung dienen können.

Meine ersten die Bestimmung der Lage der dunklen Streifen in Bezug auf den Rand der Scheibe bezweckenden Messungen gehen zurück bis 1810. Bei diesen Messungen erhielt ich den Abstand des südlichen Randes des südlichen dunklen Streifens von dem Südrande des Planeten in Theilen des Durchmessers des Jupiter

am 29. October 1810	0,282
am 7. November	0,272
am 13. November	0,266
am 18. December	0,313
am 21. December	0,304
am 1. Februar 1811	0,303
am 28. September	0,285
am 5. Mai 1812	0,311
am 17. Mai	0,268
am 5. Mai 1813	0,321
am 13. Mai	0,328
am 31. Mai	0,313
am 3. Juni	0,311
am 7. Juni	0,295
am 10. Mai 1814	0,312
am 12. Mai	0,332
am 18. Mai	0,326
am 20. Mai	0,312
am 9. Juni	0,338
am 13. Juni	0,320
am 14. Juni	0,338
am 22. März 1835	0,293

am 23. März	0,315
am 25. März	0,296
am 29. März	0,295
am 6. Februar 1837	0,361
Mittlere Entfernung des südlichen Randes des südlichen Streifens vom Südrande des Jupiter	0,308

Den Abstand des nördlichen Randes des südlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter fand ich in Theilen des Durchmessers des Planeten

am 7. November 1810	0,549
am 21. December	0,533
am 14. Juni 1814	0,422
am 22. März 1835	0,568
am 23. März	0,568
am 25. März	0,553
am 29. März	0,572
am 5. Februar 1837	0,525
Mittlerer Abstand des nördlichen Randes des südlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter	0,536
Mittlerer Abstand des südlichen Randes des südlichen Streifens vom Südrande des Jupiter	0,308
Summe der Abstände der Ränder dieses Streifens von den Rändern des Planeten	0,844
Breite des südlichen Streifens	0,156

Den Abstand des südlichen Randes des nördlichen Streifens von dem Südrande des Jupiter fand ich in Theilen des Durchmessers des Planeten

am 29. October 1810	0,471
am 7. November	0,483
am 21. December	0,478
am 14. September 1842	0,553
am 15. September	0,590
am 16. September	0,581
Mittlerer Abstand des südlichen Randes des nördlichen Streifens vom Südrande des Jupiter	0,526

Den Abstand des nördlichen Randes des nördlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter fand ich in Theilen des Durchmessers des Planeten

am 7. November 1810	0,356
am 18. December	0,392
am 21. December	0,391
am 1. Februar 1811	0,360
am 13. Juni 1814	0,363
am 14. September 1842	0,312
am 15. September	0,312
am 16. September	0,333
Mittlerer Abstand des nördlichen Randes des nördlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter .	0,353
Mittlerer Abstand des südlichen Randes des nördlichen Streifens vom Südrande des Jupiter .	0,526
Summe der Abstände der Ränder des Streifens von den Rändern des Jupiter	0,879
Breite des nördlichen Streifens	0,121

Fig. 330 stellt die beiden Streifen des Jupiters nach den eben mitgetheilten Messungen dar.

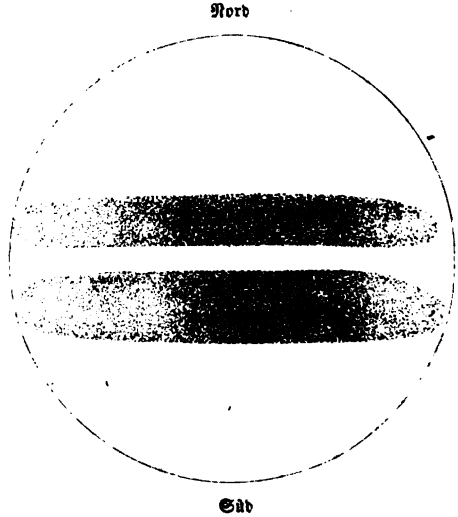


Fig. 330. — Dunkle Hauptstreifen des Jupiter nach Arago's Messungen.

Die Streifen des Jupiter scheinen sich nicht bis zu den Rändern der Scheibe zu erstrecken; sehen wir, ob sich diese merkwürdige That-

ſache mit der Erklärung vereinigen läßt, welche oben über die dunklen und hellen Streifen gegeben wurde. Die Thatſache würde dann ein deutlicher Beweis für die Wahrheit der Erklärung werden.

Die leuchtenden Streifen ſind angegebenermaßen durch die Reflexion des Sonnenlichtes in den mit Wolken bedeckten Zonen hervorgerufen, während die dunklen Streifen das Reſultat einer ſchwächern Reflexion des Lichtes an dem feſten Theile des Planeten ſein ſollen. Es iſt klar, daß wenn es gelänge auf künſtlichem Wege die erſtere Zurückwerfung zu verringern, oder die zweite zu verſtärken, dergeſtalt daß beide gleich wären, die Streifen verſchwinden müßten, weil ſie nur durch die Wirkung des Helligkeitsunterſchiedes ihres Lichtes ſichtbar werden. Eine ſolche Verminderung und Vermehrung der Zurückwerfung tritt nun aber in den nach den Rändern hin gelegenen Theilen des Planeten von ſelbſt ein; denn eine Wolke muß um ſo weniger leuchtend erſcheinen, je ſchiefer ſie die Sonne beſcheint, und andererſeits muß der Theil der durchſichtigen Atmoſphäre, welcher einem dunklen Streifen entſpricht, um ſo mehr Licht zurückſenden, je größere Tiefe er beſitzt.

Alles was man aus dem eigenthümlichen Umſtande, daß der centrale helle Streifen des Jupiter und ebenſo die ihn nördlich und ſüdlich begrenzenden dunklen Streifen ſich nicht bis zu den Rändern des Planeten erſtrecken, folgern kann, beſteht darin, daß die Helligkeitsverminderung infolge der Schiefe, unter welcher die den centralen Streifen bildenden Wolken ſich uns darſtellen, und die Zunahme in der Lichtintenſität infolge einer größern Ausdehnung der den dunklen Streifen in der Nähe des Randes entſprechenden Atmoſphäre ſich ſo weit compenſiren, daß die dunklen und der centrale Streifen in der Nähe des Randes dieſelbe Lichtſtärke zeigen.

Sechſtes Kapitel.

Lichtſtärke des Jupiter.

Im 1. Kapitel S. 265 haben wir geſehn, daß nach dem Verhältniß der mittleren Entfernung des Jupiter von der Sonne zu der

Entfernung der Erde von derſelben die Intenſität des Lichtes und der Wärme auf der Oberfläche jenes Planeten 0,037 betragen muß, wenn die entſprechenden Intenſitäten auf der Oberfläche unſerer Erde gleich 1 geſetzt werden.

In einem als Antwort auf eine Schrift Liceti's über das aſchfarbene Licht an den Großherzog von Toscana gerichteten Briefe ſagt Galilei, daß Jupiter hinter undurchſichtigen Körpern Schatten werfe, die kaum weniger intenſiv ſeien, als die durch das Licht der Venus erzeugten. Dieſe intereſſante Bemerkung verliert einen großen Theil ihres Werthes, weil die beſondern Umſtände, unter denen ſie gemacht worden iſt, nicht angegeben werden.

Jupiter wirft Schatten. Geſchieht dies aber blos im verfinſterten Zimmer? dann wäre es nichts Ungewöhnliches. Geſchieht es auf einer ausgedehnten Wand, die nur von dem Lichte des halben ſichtbaren Himmels erleuchtet wird? Oder geſchieht es auf einer horizontalen Fläche, welche von ſämmtlichen ſichtbaren Geſtirnen der einen Hälfte des Sternenhimmels Licht empfängt? Alle dieſe Fragen müſſen beantwortet werden, wenn jene Thatſache zu ſtrengen und brauchbaren Folgerungen führen ſoll. Wir wollen ſehen, wie zu dieſem Zwecke die Verſuche angeordnet werden müßten.

Ein horizontaler Papierſchirm wird durch das von allen ſichtbaren Sternen ausgehende Licht erleuchtet; unter ihnen befindet ſich auch Jupiter. Man errichtet einen dünnen verticalen Stab auf demſelben. Dann wird ein Theil des Schirmes, derjenige nämlich, auf welchen der Kernſchatten des Stabes von Seiten des Jupiter fällt, das Licht dieſes Planeten nicht mehr empfangen; alles Uebrige befindet ſich in demſelben Zuſtande wie zuvor: man wird nun den Theil des Schirmes, welcher dem Kernſchatten des zwiſchengeſtellten Körpers entſpricht, nur in dem Falle wahrnehmen, wo das Licht des Planeten einen merklichen Theil des von allen andern leuchtenden Sternen darüber ausgegoſſenen Lichtes ausmacht.

Im Allgemeinen nimmt man an, daß ein Licht durch ſein Hinzutreten zu einem andern Lichte nur dann eine merkliche Wirkung erzeugt, wenn es wenigſtens ſeiner Stärke nach den fünfundfunfzigſten Theil des letztern erreicht. Unter dieſer Annahme würde alſo der Kern-

schatten nur in dem Falle merklich an Helligkeit gegen den übrigen Theil des Schirmes zurückstehen, wenn das Licht des Jupiter, welches zu beiden Seiten dieses Schattens auffällt, eine Intensität besäße, die wenigstens $^1/_{55}$ der Intensität des von der ganzen Halbkugel des Himmels auf das Papier gesandten Lichtes ausmachte.

Würde dann durch eine vorgesetzte Glasscheibe das vom Jupiter kommende Licht, und zwar dies nur allein, geschwächt, so ließe sich experimentell der Augenblick bestimmen, wo dies Licht gleich $^1/_{55}$ des von allen sichtbaren Sternen ausgehenden Lichtes wäre.

Ich brauche wohl hier nicht alle die Folgerungen aufzuzählen, welche man aus derartigen mit Sorgfalt und unter verschiedenen Umständen (z. B. wenn am Himmel glänzende Kometen stehen, wenn das Zodiacallicht sich zeigt u. s. w.) ausgeführten Versuchen würde ziehen können.

Siebentes Kapitel.

Vergleichung der Lichtintensitäten in den Polar- und Aequatorealgegenden des Jupiter.

Indem ich die beiden in einem mit doppeltbrechendem Prisma versehenen Fernrohre erzeugten Scheiben des Jupiter nahe an den Rotationspolen des Planeten in einer Ausdehnung von $^{26}/_{100}$ des Radius übereinanderfallen ließ, fand ich, daß das daraus resultirende Segment schwächer oder höchstens von derselben Intensität war, als die zwischen den beiden dunklen Streifen enthaltene Aequatorealgegend in einem der beiden Bilder.

Daraus folgt also, daß in einem ziemlich großen Raume an den Polen des Planeten das von dort zu uns reflectirte Licht wenigstens zwei Mal schwächer ist als das aus der Aequatorzone kommende.

Diese Beobachtung datirt vom 13. Juni 1814.

Eine ähnliche, am folgenden Tage gemachte Beobachtung führte zu demselben Resultate.

Achtes Kapitel.

Monde des Jupiter. — Ihre ſcheinbaren Bewegungen um dieſen Planeten.

Jupiter wird von vier kleinen Sternen begleitet, die er in allen den verſchiedenen Stellungen, in welche ihn ſeine eigene Bewegung am Himmel bringt, mit ſich führt. Dieſe mit dem Namen Satelliten, Trabanten oder Monde belegten Geſtirne bewegen ſich um den Mittelpunkt des Planeten in der Richtung von Weſt nach Oſt; und beſchreiben faſt kreisförmige Bahnen von verſchiedenen Größen.

Als erſten Mond bezeichnet man denjenigen, der ſich am wenigſten, und als vierten denjenigen, der ſich am weiteſten von dem Planeten entfernt. Der zweite und dritte Mond bewegen ſich in Abſtänden, welche in der angegebenen Ordnung zwiſchen den Entfernungen des erſten und vierten liegen.

Da die Umlaufszeiten dieſer Monde ſehr ungleich ſind, ſo erblickt man ſie bisweilen zu je zwei auf der Oſt- und Weſtſeite des Planeten; ein anderes Mal ſtehen drei dieſer Satelliten faſt in grader Linie auf einer Seite, während der vierte allein auf der entgegengeſetzten erſcheint; endlich kann auch der Fall eintreten, daß alle vier Monde zuſammen ſich auf der Oſt- oder auf der Weſtſeite und immer faſt in einer graden Linie zeigen.

Wenn die Monde zwiſchen dem Jupiter und der Sonne hindurchgehen, ſo werfen ſie ihren Schatten auf den Planeten; für die Bewohner des letztern entſtehen dann wahre Sonnenfinſterniſſe.

Ein auf der Erde befindlicher Beobachter kann dieſe Schatten ſehr wohl von den gewöhnlichen Flecken des Jupiter unterſcheiden; dieſelben ſind rund, ſchwarz, ſcharf begrenzt, und ſcheinen ſich faſt mit derſelben Geſchwindigkeit im Centrum und an den Rändern des Planeten zu bewegen. Die Dauer ihrer Sichtbarkeit auf der Planetenſcheibe iſt derjenigen gleich, welche man aus der Bewegung des ſie erzeugenden Mondes durch Rechnung erhält.

Die Schatten, von denen zuvor die Rede war, ſind vollkommen ſchwarz; Jupiter ſcheint alſo an den durch die Monde gegen das Sonnenlicht geſchützten Stellen kein Licht auszuſtrahlen, iſt alſo kein ſelbſtleuchtender Körper, ſondern glänzt nur in reflectirtem Sonnen-

lichte; ein Reſultat, das wir bei dieſem Planeten, da er keine merkbaren Phaſen zeigt, nicht auf dieſelbe Weiſe erhalten konnten, die uns bei dem Studium der phyſiſchen Beſchaffenheit des Merkur, der Venus und des Mars ſo gut zum Ziele führte.

Zu den Zeiten, wo man die Schatten ſich auf Sehnen der Planetenſcheibe hinbewegen ſieht, projiciren ſich auch die Monde ſelbſt auf die leuchtende Scheibe; ſie folgen dieſen Schatten nach vor der Oppoſition, gehen ihnen aber voran nach der Oppoſition des Planeten.

Bei dieſen Vorübergängen beſchreiben die Monde ebenfalls Sehnen der Scheibe; oft erſcheinen ſie wie glänzende Flecken, manchmal aber auch wie dunkle Punkte von geringerer Ausdehnung als die Kernſchatten. Dieſer letztere Umſtand läßt ſich naturgemäß durch die Annahme erklären, daß dann auf den Oberflächen der Monde materielle oder atmoſphäriſche Stoffe ſich befinden, welche das Licht viel weniger reflectiren als die umliegenden Theile.

Wenn die ganz hellen Monde vor der Planetenſcheibe vorübergehen, ſo hat man beobachtet, daß dieſelben, obwohl in der Nähe des Randes gut ſichtbar, doch gegen den Mittelpunkt hin verſchwinden; woraus folgt, daß der Rand des Planeten weniger leuchtend iſt, als ſein Mittelpunkt, und daß Jupiter mit einer Atmoſphäre umgeben ſein muß.

Die Monde des Jupiter verſchwinden bisweilen in einem merklichen Abſtande vom Rande des Planeten. Dieſer intereſſante Vorgang erklärt ſich ſehr einfach. Da Jupiter ein undurchſichtiger Körper iſt, ſo wirft er hinter ſich einen Schattenkegel, deſſen Are die Verbindungslinie ſeines Mittelpunktes mit dem der Sonne iſt, und deſſen Seiten von den graden Linien gebildet werden, welche gleichzeitig die entſprechenden Ränder beider Geſtirne berühren; in dieſen Kegel dringt kein Strahl der Sonne. Wenn alſo die Monde durch ihn hindurchgehen, ſo müſſen ſie unſichtbar werden, falls ſie, wie Jupiter, ihr Licht von der Sonne erhalten. Dieſe Erſcheinung iſt in allen Punkten mit derjenigen vergleichbar, welche unſer Mond uns bei ſeinen totalen Verfinſterungen darbietet. In der That, wie letzterer vor ſeinem völligen Verſchwinden allmälich ſchwächer wird, je mehr er in den ſogenannten Halbſchatten der Erde, welcher den Kernſchatten derſelben

umgibt, eintritt (Bd. 13, S. 436), ebenſo verhalten ſich auch die Jupitersmonde vor ihrem Eintritte in den Kernſchatten, weil auch dieſer Schattenkegel von einem Halbſchatten umgeben iſt.

Wenn der Eintritt des erſten Jupitersmondes in den Schattenkegel zu einer gewiſſen Zeit in einem merklichen Abſtande von dem Planeten erfolgt iſt, ſo geſchieht der Austritt aus demſelben an einer Stelle jenes Kegels, welche der Erde durch den undurchſichtigen Körper des Jupiter verdeckt wird. Man wird alſo an dieſem Satelliten nicht an einem und demſelben Tage Ein- und Austritt beobachten können [15]).

Genau ebenſo verhält es ſich mit dem zweiten Monde. Wenn dagegen der dritte und vierte durch den Schattenkegel nahe bei ſeiner Spitze hindurchgehen, alſo an einem ziemlich weit vom Planeten abſtehenden Orte, ſo kann man, weil die Bahnen derſelben merklich gegen die Ebene der Ekliptik geneigt ſind, bisweilen an einem und demſelben Abende ihr Eintreten und ihr darauf folgendes Austreten beobachten.

Das vollſtändige Verſchwinden der Monde während ihres Verweilens in dem Schattenkegel beweiſt, daß ſie von der durch die Sonne nicht beſchienenen Seite des Jupiter kein Licht empfangen, und daß alſo dieſer Planet nicht, wie lange Zeit geglaubt worden, phosphoreſcirt; was wir auch aus der völligen Dunkelheit der bisweilen auf die ſichtbare Planetenſcheibe geworfenen Schatten hätten ſchließen können, wenn auch wegen des hellen Lichtes, von welchem dieſe Schatten umgeben ſind, mit geringerer Sicherheit.

Neuntes Kapitel.

Geſchichtliche Bemerkungen über die Entdeckung der Monde.

Die Entdeckung der Jupitersmonde war eine der erſten Früchte von der Anwendung des Fernrohrs auf die Beobachtung der Geſtirne.

Am 7. Januar 1610 bemerkte Galilei zu Padua neben dem Planeten, welchen das neue Inſtrument als merkliche, wohl begrenzte Scheibe gezeigt hatte, drei kleine Sterne; zwei ſtanden öſtlich, der dritte weſtlich. Am folgenden Tage ſah er ſie alle drei weſtlich; am dritten Tage erblickte er nur zwei und zwar ſtanden dieſelben öſtlich

von der Scheibe des Jupiter. Alle dieſe Erſcheinungen konnten nicht durch eine überhaupt zuläſſige Ortsveränderung des Planeten erklärt werden; ſie wieſen vielmehr auf eine eigene Bewegung dieſer kleinen Sterne hin. Voll Erſtaunen über dieſes merkwürdige Reſultat verdoppelte Galilei ſeine Aufmerkſamkeit; am 13. Januar ſah er vier Sterne. Kurz, er bewies, daß es am Himmel ein Geſtirn gibt, um welches Nebenplaneten kreiſen, ebenſo wie die von Alters her bekannten Planeten um die Sonne laufen; es war eine kopernicaniſche Welt im Kleinen; die Ideen dieſes großen Mannes ſchienen hinfort nicht mehr zurückzuweiſen zu ſein. Als Keppler die Beobachtungen des florentiniſchen Aſtronomen erfuhr, rief er, den Ausſpruch des Kaiſers Julian nachahmend: Galilaee, vicisti!

Galilei wünſchte, daß die neuentdeckten Sterne den Namen der mediceiſchen Geſtirne führen ſollten, indeß hat die Benennung Jupitersmonde die Oberhand behalten.

In einem 1612 an den Großherzog von Toscana geſchriebenen Briefe gibt Galilei folgende Werthe für die Umlaufszeiten der Jupitersmonde:

Erſter Mond . . .	1 T.	18 St.	
Zweiter Mond . .	3 "	$13^1/_2$ "	ungefähr.
Dritter Mond . . .	7 "	4 "	beinahe.
Vierter Mond . . .	16 "	18 "	beinahe.

Man hat behauptet, daß die Entdeckung der Jupitersmonde mit allgemeiner Freude begrüßt worden ſei; indeß laſſen ſich aus ſehr zuverläſſigen Quellen Angaben entlehnen, welche beweiſen, daß dem nicht ſo geweſen. Eine ganze Akademie, die zu Cortona, behauptete, dieſe Monde wären nur das Reſultat einer durch das Fernrohr erzeugten optiſchen Täuſchung. In den Dialogen, welche ſich in dem Werke Sizis's finden, antwortet eine der redend auftretenden Perſonen auf die Frage, warum man nur vier Monde um den Jupiter ſehe: weil das Fernrohr ſo beſchaffen iſt (proporzionato), daß es ſolche Erſcheinungen in dem Abſtande vom Jupiter und nicht auch in andern Abſtänden erzeugt. (Venturi I, p. 126.) Clavius ſagte im October 1610, daß man, um die Monde zu ſehen, zuerſt ein Fernrohr machen müßte, das ſie erzeugte; doch muß ich hinzuſetzen, daß er im darauf

folgenden December dieſer Anſicht entſagte, die natürlich ſofort unhaltbar wurde, als er ſelbſt dieſe Geſtirne beobachtet hatte (p. 142). Galilei erzählt, daß in Piſa ein Philoſoph Namens Libri gelebt habe, der nie zu bewegen geweſen, durch das Fernrohr zu blicken, um die Jupitersmonde zu ſehen. „Ich hoffe, ſetzt Galilei hinzu (genannter Libri war eben geſtorben), daß er, der dieſe Monde auf der Erde nicht hat ſehen wollen, ſie auf dem Wege nach dem Himmel wird wahrgenommen haben“ (p. 144).

Man hatte ſogar die causae finales zu Hülfe geholt, um das Nichtvorhandenſein der Satelliten zu beweiſen. So fragte Horky, wozu vom Standpunkte der Aſtrologie aus die vier in dem Nuntius sidereus angekündigten Monde dienen ſollten? Ein ſchottiſcher, zu Galilei's Zeit lebender Schriftſteller, Wodderbonius, antwortete ſehr geiſtreich und treffend: „Sie werden dienen, um die Horky's und alle abergläubiſchen Aſtrologen in Verwirrung zu bringen“ (p. 129).

In Deutſchland endlich behauptete Simon Marius, daß er dieſe Monde vor Galilei beobachtet habe. Ich will ſeinen Anſprüchen einige Zeilen widmen. Der Mundus jovialis von Simon Marius, worin er über die Jupitersmonde handelt, iſt 1614 erſchienen, alſo vier Jahre ſpäter als der Nuntius sidereus von Galilei, der gegen Ende des Jahres 1610 erſchien, und die Reſultate der erſten Beobachtungen ſeines Verfaſſers über die Jupitersmonde enthält. Die erſte von dem deutſchen Aſtronomen angegebene Beobachtung entſpricht der zweiten des Galilei; indeß wird dieſe Uebereinſtimmung nicht beim erſten Blicke bemerkt, weil Simon Marius nach dem nicht verbeſſerten Kalender rechnet, was ſeinen Beobachtungen eine Priorität von 10 Tagen vor denen Galilei's, der nach dem gregorianiſchen Kalender rechnet, zu geben ſcheint.

Die Vorrede, welche das 1614 erſchienene Werk von Simon Marius begleitet, würde, die Wahrheit ihrer Angaben vorausgeſetzt, beweiſen, daß dieſer Aſtronom bereits Ende November oder Anfangs December 1609 erkannt hätte, daß kleine Sterne um den Jupiter kreiſen. Darf man aber dieſer verſpäteten Reclamation von Marius Glauben ſchenken, wenn man daran denkt, daß er bereits etwas in die Anklage des Plagiats verwickelt war, welche Galilei gegen Balthaſar

Capra bei Gelegenheit des Proportionalcirkels erhob, ein Proceß, den Galilei vollständig gewann?

Uebrigens ist die Veröffentlichung einer Entdeckung durch den Vortrag in einer Akademie oder durch den Druck das einzige Mittel, um das Anrecht an dieselbe festzustellen, und in dieser Beziehung würde die Priorität Galilei's nicht bestritten werden können*).

Diese letzte Bemerkung kann ebenfalls als Entgegnung auf die verspäteten Reclamationen dienen, die man zu Gunsten eines sehr ausgezeichneten, jung verstorbenen englischen Gelehrten Harriot gemacht hat. Nach Zach's Angabe sollen Harriot's Manuscripte den Beweis enthalten, daß er die Jupiterstrabanten seit dem 16. Januar 1610 gesehen habe; dies Datum wäre also später als die ersten Beobachtungen Galilei's und würde es noch viel mehr sein, wenn der englische Verfasser nach dem julianischen Kalender gerechnet hat [17].

Ein neuerer Brief des Doctor Robertson an David Brewster enthält folgende genauere Angaben hierüber. Die ersten von Harriot gemachten Beobachtungen der Jupitersmonde sind vom 17. October 1610. Das geschriebene Blatt, wo sich die Stellungen derselben für jenen Tag finden, trägt von Harriot's Hand die Bemerkung: „Meine erste Beobachtung der neuen Planeten." Auf einem andern Blatte steht: „1611. Zweites Jahr meiner Beobachtungen der Planeten des Jupiter." Uebrigens sind rohe Zeichnungen der Stellungen der Satelliten alles, was man in diesen Manuscripten findet.

Von Zach berichtet, die Jupitersmonde wären zu Aix in der Provence im November 1610 durch Peyresc, Gassendi und Gautier beobachtet worden.

Während einerseits das Vorhandensein der vier Jupitersmonde geläugnet wurde, fanden sich andererseits Astronomen, welche dem großen florentiner Philosophen vorwarfen, nur einen Theil der Wirk-

*) Es hat mich gewundert, daß mein bester Freund A. v. Humboldt in seinem Kosmos ungeachtet der von ihm selbst bei so vielen Gelegenheiten offen anerkannten Principien die erste Entdeckung der Jupitersmonde dem Marius zuschreibt. Letzterer hat kein Recht in dieser Angelegenheit erwähnt zu werden, außer wegen der in vielen Beziehungen unglücklichen Idee, diesen Monden die Namen Jo, Europa, Calisto und Ganymedes zu geben [18].

lichkeit bemerkt zu haben. Scheiner erklärte, daß es nicht vier, sondern fünf Monde gäbe; Rheita veranschlagte ihre Anzahl auf neun, und noch Andere zählten bis zwölf. Es ist aber jetzt ausgemacht, daß jene so freigebig den vier von Galilei entdeckten kleinen Himmelskörpern hinzugefügten Gestirne nur kleine Sterne gewesen sein können, in deren Nachbarschaft Jupiter durch seine eigene Bewegung gekommen war; denn die mit den stärksten Fernröhren der Neuzeit gemachten Beobachtungen haben niemals auch nur die geringste Spur der von Scheiner, Rheita u. A. angegebenen Monde gezeigt.

Ich schließe diesen historischen Abriß mit einem Factum, welches zeigt, wie schwach bisweilen die größten Geister sind. In einem aus Padua vom 16. Januar 1610 an Belisario Vinta, den Secretär des Großherzogs von Toscana, geschriebenen Briefe freut sich Galilei über den Nachweis, daß Mars und Saturn keine Satelliten hätten. Als Grund dafür gibt er an, weil er hoffen dürfte, Gott hätte ihm allein die ganz besondere Gnade neue Gestirne zu entdecken zu Theil werden lassen. (Venturi I, 156.)

Zehntes Kapitel.

Masse des Jupiter.

Die Masse des Jupiter ist $^1/_{1050}$, die der Sonne als Einheit genommen; sie übertrifft 338 Mal die der Erde.

Dieser bereits oben S. 29 angegebene Werth ist das Mittel aus den von Airy aus seinen Beobachtungen der Elongationen des vierten Jupitersmondes während der Jahre 1833, 1834 und 1835 gezogenen Resultaten [18]).

In dem obigen Kapitel, wo sich die Grundsätze dieser Berechnungsmethode angedeutet finden, habe ich auch Verfahren zur Erzielung einer ähnlichen Bestimmung angeführt, die von dem vorhergehenden ganz und gar verschieden, und auf die Größe der Störungen gegründet sind, welche die Planeten in ihrer Umlaufsbewegung um die Sonne durch die Einwirkung des Jupiter erleiden. Hier werde ich

mich darauf beſchränken, die zu verſchiedenen Zeiten nach den verſchiedenen Methoden erhaltenen Werthe aufzuführen.

Laplace erhielt aus ältern von Pound gemachten Beobachtungen des vierten Jupitersmondes den Werth $^1/_{1067}$; Bouvard aus den Störungen des Saturn $^1/_{1071}$; Nicolai aus den Störungen der Juno $^1/_{1054}$; Encke aus den Störungen der Veſta $^1/_{1050}$ und aus den Beobachtungen des nach ihm benannten Kometen von kurzer Umlaufszeit $^1/_{1054}$.

So groß iſt das Zutrauen, welches die Aſtronomen in ihre Rechnungen ſetzen, daß ſie auf Grund der allerdings nur ſehr geringen Differenzen zwiſchen den aus den Störungen der Bewegungen verſchiedener Planeten durch den Jupiter hergeleiteten Reſultaten auf einen Augenblick ſich die Annahme erlaubten, daß die Newton'ſche Anziehung nicht genau proportional den Maſſen erfolge, ſondern wie die magnetiſchen und chemiſchen Anziehungen mit der Natur der Materien, auf welche ſie ausgeübt werde, ſich in ihrer Stärke ändere. Indeß wurden dieſe Ideen bald aufgegeben, als Beſſel zeigte, daß ſehr verſchiedene Subſtanzen, wie Metalle, Steine und Elfenbein, in gleicher Länge als Pendel angewandt, ihre Schwingungen in genau derſelben Zeit vollbringen.

Elftes Kapitel.

Größe der Jupitersmonde.

Die Durchmeſſer der Monde laſſen ſich ihrer Kleinheit wegen ſehr ſchwer meſſen. Folgendes ſind diejenigen Reſultate, welche ſehr competenten Beurtheilern das meiſte Vertrauen zu verdienen ſcheinen. Die nachſtehenden Zahlen beziehen ſich auf die mittlere Entfernung des Jupiter von der Erde, die bekanntlich ungefähr fünf Mal ſo groß iſt als der Halbmeſſer der Erdbahn[19]).

Erſter Mond	1"02
Zweiter Mond . . .	0,91
Dritter Mond . . .	1,49
Vierter Mond . . .	1,27

Daraus ergibt ſich durch eine kleine Rechnung, deren Ausführung im Einzelnen hier unnütz wäre, und wovon der Leſer bereits

mehrere Beispiele gesehen hat (vergl. namentlich Bd. 13, S. 315), daß der erste Mond vom Jupiter aus gesehen im Mittel unter einem Winkel von 33′ erscheint, also fast unter demselben Winkel, wie unser Mond von der Erde aus. Für den zweiten und dritten Mond beträgt dieser Winkel gegen 18′, und für den vierten beinahe 9′.

Nehmen wir den Halbmesser der Erde als Einheit und vergleichen damit die Halbmesser der Jupitersmonde, so finden wir den Halbmesser des ersten 0,32; des zweiten 0,27; des dritten 0,47, und endlich des vierten 0,33. In Meilen ausgedrückt ist der Durchmesser des ersten 529, des zweiten 475, des dritten 776 und des vierten 664 Meilen.

Daraus folgt (vergl. Bd. 13, S. 316), daß der zweite Mond des Jupiter fast ein unserem Monde gleiches Volumen hat, daß aber die drei übrigen denselben merklich an Größe übertreffen.

Die Masse des Jupiter als Einheit genommen, werden die Massen der vier Jupitersmonde durch folgende Zahlen ausgedrückt[20]):

Erster Mond . .	0,000017
Zweiter Mond . .	0,000023
Dritter Mond . .	0,000088
Vierter Mond . .	0,000043

Der dritte Mond, welcher am größten ist und die größte Masse besitzt, hat dieselbe Dichtigkeit wie der Hauptplanet; der zweite ist dichter.

Die zuvor angeführten Werthe über die wirklichen Dimensionen der Jupitersmonde sind aus zahlreichen Beobachtungen von Struve hergeleitet; sie weichen wenig von denjenigen ab, welche Schröter aus der Zeit berechnet hat, die der Durchmesser dieser Gestirne gebraucht, um sich hinter dem dunklen Körper des Planeten zu verbergen, oder was auf dasselbe hinausläuft, aus der Zeit, in welcher derselbe sich vor die Scheibe des Jupiter schiebt. Derartige Beobachtungen sind natürlich sehr schwierig, und die Dimensionen, welche daraus für die verschiedenen Monde sich ergeben, können mit merklichen Fehlern behaftet sein. Bereits im Jahre 1771 hatte Bailly zu derselben Bestimmung die Zeit benutzt, welche jeder Mond gebraucht, um in den Kernschatten einzutreten; diese Methode, gegen welche sich sehr begründete Bedenken erheben lassen, hatte ihn zu folgenden Werthen für die vom Jupiter aus gesehenen Durchmesser geführt:

Erſter Mond	. .	1°	0′ 20″
Zweiter Mond	. .	0	26 45
Dritter Mond	. .	0	22 22

Ein genaueres Verfahren, um dieſelbe Aufgabe zu löſen, gründet ſich auf die Meſſung der Dimenſionen des Schattens, den die Monde bei ihrer untern Conjunction auf den Planeten werfen. Mit den jetzt den Aſtronomen zu Gebote ſtehenden Inſtrumenten würden ſolche Meſſungen einer großen Genauigkeit fähig ſein, ſie verdienen daher alle Beachtung von Seiten der Aſtronomen; nur müßte man mit größter Sorgfalt den Einfluß unterſuchen, welchen die Atmoſphären, womit die Monde vielleicht umgeben ſind, auf die Dimenſionen des Schattens ausüben können.

Einſtweilen mögen hier die von verſchiedenen Aſtronomen früher erhaltenen Angaben über die Reihenfolge der Größen der Monde nach den Schatten folgen:

Caſſini erhielt die Reihenfolge: der dritte, zweite, erſte und vierte Mond.

Nach William Herſchel iſt dieſelbe: der dritte, der bei weitem größte Mond; der vierte, der erſte und der zweite.

Die Dauer des Eintritts des zweiten Mondes auf die Scheibe des Jupiter gab Herſchel einen Werth von ungefähr 0″,9 für den Winkeldurchmeſſer dieſes kleinen Geſtirns. Im April 1780 erſchien ihm der Schatten des dritten Satelliten auf dem Planeten bei der mikrometriſchen Meſſung 1″,6 groß.

Um dem Vorwurfe zu entgehen, als ob ich der Beſtimmung der wirklichen Dimenſionen dieſer Monde eine zu große Wichtigkeit beigelegt hätte, will ich einige Worte hinzufügen, um zu zeigen, daß dieſe Beſtimmung mit der Löſung eines nicht unwichtigen kosmogoniſchen Problems eng verknüpft iſt.

Die Kenntniß der Menge von Materie, welche jeder der Jupitersmonde enthält, iſt mit großer Genauigkeit durch die Beobachtung der Störungen gefunden worden, welche dieſelben wechſelſeitig in ihrem Laufe hervorbringen; dagegen kann die Frage nach der Dichtigkeit der Materie in jedem derſelben nur dann beantwortet werden, wenn die

mehrere Beispiele gesehen hat (vergl. namentlich Bd. 13, S. 315), daß der erste Mond vom Jupiter aus gesehen im Mittel unter einem Winkel von 33′ erscheint, also fast unter demselben Winkel, wie unser Mond von der Erde aus. Für den zweiten und dritten Mond beträgt dieser Winkel gegen 18′, und für den vierten beinahe 9′.

Nehmen wir den Halbmesser der Erde als Einheit und vergleichen damit die Halbmesser der Jupitersmonde, so finden wir den Halbmesser des ersten 0,32; des zweiten 0,27; des dritten 0,47, und endlich des vierten 0,33. In Meilen ausgedrückt ist der Durchmesser des ersten 529, des zweiten 475, des dritten 776 und des vierten 664 Meilen.

Daraus folgt (vergl. Bd. 13, S. 316), daß der zweite Mond des Jupiter fast ein unserem Monde gleiches Volumen hat, daß aber die drei übrigen denselben merklich an Größe übertreffen.

Die Masse des Jupiter als Einheit genommen, werden die Massen der vier Jupitersmonde durch folgende Zahlen ausgedrückt[20]:

Erster Mond . .	0,000017
Zweiter Mond . .	0,000023
Dritter Mond . .	0,000088
Vierter Mond . .	0,000043

Der dritte Mond, welcher am größten ist und die größte Masse besitzt, hat dieselbe Dichtigkeit wie der Hauptplanet; der zweite ist dichter.

Die zuvor angeführten Werthe über die wirklichen Dimensionen der Jupitersmonde sind aus zahlreichen Beobachtungen von Struve hergeleitet; sie weichen wenig von denjenigen ab, welche Schröter aus der Zeit berechnet hat, die der Durchmesser dieser Gestirne gebraucht, um sich hinter dem dunklen Körper des Planeten zu verbergen, oder was auf dasselbe hinausläuft, aus der Zeit, in welcher derselbe sich vor die Scheibe des Jupiter schiebt. Derartige Beobachtungen sind natürlich sehr schwierig, und die Dimensionen, welche daraus für die verschiedenen Monde sich ergeben, können mit merklichen Fehlern behaftet sein. Bereits im Jahre 1771 hatte Bailly zu derselben Bestimmung die Zeit benutzt, welche jeder Mond gebraucht, um in den Kernschatten einzutreten; diese Methode, gegen welche sich sehr begründete Bedenken erheben lassen, hatte ihn zu folgenden Werthen für die vom Jupiter aus gesehenen Durchmesser geführt:

Erſter Mond . .	1°	0′	20″
Zweiter Mond . .	0	26	45
Dritter Mond . .	0	22	22

Ein genaueres Verfahren, um dieſelbe Aufgabe zu löſen, gründet ſich auf die Meſſung der Dimenſionen des Schattens, den die Monde bei ihrer untern Conjunction auf den Planeten werfen. Mit den jetzt den Aſtronomen zu Gebote ſtehenden Inſtrumenten würden ſolche Meſſungen einer großen Genauigkeit fähig ſein, ſie verdienen daher alle Beachtung von Seiten der Aſtronomen; nur müßte man mit größter Sorgfalt den Einfluß unterſuchen, welchen die Atmoſphären, womit die Monde vielleicht umgeben ſind, auf die Dimenſionen des Schattens ausüben können.

Einſtweilen mögen hier die von verſchiedenen Aſtronomen früher erhaltenen Angaben über die Reihenfolge der Größen der Monde nach den Schatten folgen:

Caſſini erhielt die Reihenfolge: der dritte, zweite, erſte und vierte Mond.

Nach William Herſchel iſt dieſelbe: der dritte, der bei weitem größte Mond; der vierte, der erſte und der zweite.

Die Dauer des Eintritts des zweiten Mondes auf die Scheibe des Jupiter gab Herſchel einen Werth von ungefähr 0″,9 für den Winkeldurchmeſſer dieſes kleinen Geſtirns. Im April 1780 erſchien ihm der Schatten des dritten Satelliten auf dem Planeten bei der mikrometriſchen Meſſung 1″,6 groß.

Um dem Vorwurfe zu entgehen, als ob ich der Beſtimmung der wirklichen Dimenſionen dieſer Monde eine zu große Wichtigkeit beigelegt hätte, will ich einige Worte hinzufügen, um zu zeigen, daß dieſe Beſtimmung mit der Löſung eines nicht unwichtigen kosmogoniſchen Problems eng verknüpft iſt.

Die Kenntniß der Menge von Materie, welche jeder der Jupitersmonde enthält, iſt mit großer Genauigkeit durch die Beobachtung der Störungen gefunden worden, welche dieſelben wechſelſeitig in ihrem Laufe hervorbringen; dagegen kann die Frage nach der Dichtigkeit der Materie in jedem derſelben nur dann beantwortet werden, wenn die

Dimenſionen der vier Volumina, in welchen ſie vertheilt iſt, genau beſtimmt ſind.

Jeder erräth, welche Einwürfe ſich aus dieſen Dichtigkeiten, wenn dieſelben eine gewiſſe Größe überſchreiten, gegen die Annahme werden entlehnen laſſen, daß jene Monde oder wenigſtens einige unter ihnen, nicht immer zu dem Syſteme des Jupiter gehört haben, ſondern urſprünglich Kometen geweſen ſeien, welche dieſer Planet durch ſeine ſtarke Anziehungskraft aus ihren urſprünglichen Bahnen abgelenkt und um ſeinen Mittelpunkt zu kreiſen gezwungen habe.

Zwölftes Kapitel.

Eigene Bewegungen der Jupitersmonde.

Aus einer ſehr umſtändlichen Discuſſion der Beobachtungen von Verfinſterungen der Jupitersmonde hat ſich ergeben, daß der erſte und zweite Mond faſt kreisförmige Bahnen beſitzen; daſſelbe Verfahren hat gezeigt, daß die Bahn des dritten merklich elliptiſch iſt, und daß die Excentricität derſelben ſich ändert. Die Ellipticität der Bahn des vierten iſt beträchtlicher und daher ſehr leicht nachzuweiſen. Die dem Planeten am nächſten liegenden Enden der großen Aren dieſer Ellipſen ſind nicht immer nach denſelben Sternen gerichtet; es beſitzen dieſe Enden, die Perijovien genannt werden, eine directe oder von Weſt nach Oſt gerichtete Bewegung.

Die Bahnebene des erſten Mondes ſcheint mit der des Jupiter zuſammenzufallen; dies gilt nicht mehr von den Bahnen der drei übrigen, deren Ebenen mit der Bahnebene des Jupiter merkliche Winkel bilden.

Die Neigungen der Bahnen, in welchen ſich dieſe Monde bewegen, geben für gewiſſe Erſcheinungen, die ſonſt unbegreiflich ſein würden, den Grund an, z. B. für das Nichtverſchwinden des vierten Mondes in ſehr vielen ſeiner Oppoſitionen mit der Sonne.

Die Durchſchnitte der Bahnebenen der Monde mit der Bahnebene des Jupiter oder die ſogenannten Knotenlinien ſind nicht immer nach denſelben Sternen gerichtet.

Nimmt man als Einheit den Aequatorealhalbmeſſer des Jupiter, ſo ſind die mittleren Abſtände der Monde vom Mittelpunkte des Planeten und ihre ſideriſchen Umlaufszeiten:

	Abſtand vom Mittelpunkte des Jupiter.	Dauer des ſideriſchen Umlaufs.			
Erſter Mond	6,05	1,77 Tag oder	1 Tag	18 St.	28 Min.
Zweiter Mond	9,62	3,55	3	13	14
Dritter Mond	15,35	7,15	7	3	43
Vierter Mond	26,00	16,69	16	16	32

Hieraus ergibt ſich, daß die Bewohner des Jupiter in einem Abſtande von 58000 Meilen einen Mond um den Mittelpunkt ihres Planeten kreiſen ſehen, der einen größern ſcheinbaren Durchmeſſer als der Mond unſerer Erde beſitzt, und regelmäßig nach Zeiträumen von ungefähr $1^3/_4$ Tagen verfinſtert wird. Dieſe ſchnelle Bewegung liefert, beiläufig geſagt, auf dem Jupiter ein ſehr genaues Mittel zur Längenbeſtimmung.

Vergleicht man die obigen Zahlen untereinander, ſo findet man, daß die Quadrate der Umlaufszeiten je zweier dieſer Satelliten ſich wie die Cuben ihrer mittleren Abſtände vom Jupiter verhalten, oder anders ausgedrückt, daß ihre Umlaufszeiten ſich zu einander verhalten, wie die Quadratwurzeln aus den dritten Potenzen ihrer Abſtände vom Mittelpunkte des Planeten.

Dieſe merkwürdige Beziehung haben wir bereits als drittes Kepler'ſches Geſetz angetroffen, als wir die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne mit den Cuben der großen Axen ihrer Bahnen (Bd. 12, S. 202) verglichen.

Sehr feine Beobachtungen haben zu der Annahme geführt, daß jeder Mond ſich in derſelben Zeit um ſich ſelbſt dreht, die er zur Vollendung ſeines Umlaufs um den Planeten gebraucht. Dieſe vier Monde zeigen alſo eine ähnliche Erſcheinung, wie wir ſie bei dem Monde unſerer Erde finden, nämlich dem Jupiter ſtets dieſelbe Seite zuzukehren. Es ſcheint dies, wie wir ſpäter beim Saturn ſehen werden, ein allgemeines Geſetz zu ſein, das in den Bewegungen aller Monde hervortritt.

Eine tiefer gehende Discuſſion der Umlaufszeiten der Jupitersmonde und ihrer relativen Orte in Länge hat ſehr einfache Verhältniſſe

Durch die Ausbildung dieſer Theorie iſt es aber jetzt gelungen Tafeln zu entwerfen, welche die Ein- und Austritte der Monde mit großer Genauigkeit angeben. Um den Seefahrern die Mittel zu verſchaffen, in den weiten Räumen des Meeres mittelſt dieſer kleinen Sterne den Lauf ihres Schiffes zu richten, fehlt nur noch ein Verfahren, um dieſelben mit Fernröhren von hinreichender Vergrößerung beobachten zu können; eine Aufgabe, welche, durch die Schwankungen des Schiffes ſehr ſchwierig gemacht, bis jetzt nicht auf genügende Weiſe gelöſt iſt.

Ich bemerke übrigens auch in Betreff der auf dem Lande gemachten Beſtimmungen, daß wir ſchon einen Eintritt des Mondes in den Schatten beobachten, wenn ſich noch ein kleiner Theil ſeiner Scheibe außerhalb deſſelben befindet, und daß dieſer Zeitpunkt für zwei Beobachter nur dann genau derſelbe ſein wird, wenn ihr Geſicht denſelben Grad von Schärfe beſitzt. Der wirkliche Eintritt der Verfinſterung wird daher um ſo viel mehr von dem ſcheinbaren abweichen, je lichtſtärker das zur Beobachtung verwendete Fernrohr iſt. Beide genannten Urſachen müſſen beim Austritte grade in umgekehrter Weiſe wirken. Die Reſultate werden hiervon nur unabhängig, wenn man für die beiden Orte, deren Längenunterſchied beſtimmt werden ſoll, eine genau gleiche Zahl von Ein- und Austritten derſelben Monde vergleicht.

Auf die Idee, die Stellungen und beſonders die Verfinſterungen der Jupitersmonde zur Längenbeſtimmung zu benutzen, ſcheint Galilei ſehr früh gekommen zu ſein; ſie war auch der Gegenſtand von ohne Reſultat gebliebenen Verhandlungen Galilei's mit den Generalſtaaten Hollands und ſpäter mit dem ſpaniſchen Hofe. Um ſeiner Methode die Genauigkeit zu geben, welche er wünſchte, ſtellte Galilei ſowohl ſelbſt als auch durch ſeine Schüler eine außerordentlich große Zahl von Beobachtungen an. Der Olivetaner Renieri war im Beſitze derſelben. Man hat behauptet, daß bei ſeinem Tode Beamte der Inquiſition dieſe Beobachtungen in Beſchlag nahmen; indeß muß man Niemand verleumden, ſelbſt nicht die Beamten der Inquiſition. Aus einer Erzählung Nelli's in dem Leben des Galilei, die ſich auf eine Angabe der Eltern des italieniſchen Aſtronomen ſtützt, geht hervor, daß die

Beraubung von Renieri's Zimmer einem gewiſſen Ritter Joſeph Auguſtin aus Piſa zugeſchrieben werden muß, der bei Renieri's Tode gegenwärtig war und in deſſen Beſitze ſich die Uhr und das Fernrohr des Oliveterners befanden. Wie es ſich mit dieſer Anklage auch verhalten möge, die Manuſcripte Renieri's gelangten, man weiß nicht recht zu welcher Zeit und auf welche Weiſe, in die ſogenannte palatiniſche Bibliothek in Florenz, von wo aus ſie ihrem weſentlichen Inhalte nach von Albieri ausgezogen und veröffentlicht wurden, nachdem ſie in Italien zu einem ſehr heftigen und nichts weniger als höflichem Streite Veranlaſſung gegeben hatten.

Durch die von Laplace ausgeführten großen Vervollkommnungen in der Theorie der Bewegungen der Jupitersmonde ſind wir jetzt in den Stand geſetzt, mehrere Jahre zuvor die Zeitpunkte zu berechnen und in den nautiſchen Jahrbüchern bekannt zu machen, wo jene Monde verdunkelt werden und wieder erſcheinen.

Die oben S. 294 zwiſchen den mittleren Bewegungen und den mittleren Längen der drei erſten Jupitersmonde angegebenen Beziehungen ſind eine Entdeckung des Verfaſſers der Mécanique céleste und heißen mit Recht die Laplace'ſchen Geſetze. Um das Auffallende was man in dieſen Geſetzen finden könnte, zu beſeitigen, hat Laplace gezeigt, daß die Bewegungen und Stellungen der genannten Monde anfänglich nur angenähert jenen Beziehungen zu genügen brauchten, um dieſelben für die Folge völlig genau zu erfüllen.

Aus dem zweiten Laplace'ſchen Geſetze folgt, wie wir ſchon oben S. 294 geſehen haben, daß die drei erſten Monde des Jupiters nicht gleichzeitig verfinſtert werden können. Indeß ſah Molyneux am 2. November 1681 (alten Styls) den Jupiter ohne Trabanten. Am 23. Mai 1802 beobachtete William Herſchel Aehnliches[23]); und daſſelbe wurde am 15. April 1826 von Wallis, und am 27. September 1843 von Griesbach wahrgenommen. Es würde aber Unrecht ſein, aus dieſen Thatſachen ſchließen zu wollen, daß das Laplace'ſche Geſetz zu dieſen vier Zeiten ungültig geweſen ſei; man braucht nur zu beachten, daß in den angegebenen Zeiten Monde auf die Scheibe des Planeten projicirt oder hinter ſeinem dunklen Körper verborgen ſein konnten,

während das Geſetz ſich nur auf die eigentlichen Verfinſterungen oder auf das gleichzeitige Verweilen der Monde in dem Kernſchatten des Planeten bezieht.

Vierzehntes Kapitel.

Können die Jupitersmonde mit bloßen Augen geſehen werden?

Ueber die Frage, ob unter den günſtigſten Umſtänden die Jupitersmonde mit bloßen Augen geſehen werden können, iſt viel verhandelt worden. Man begreift, daß im Fall einer bejahenden Antwort die Behauptung möglich wäre, daß das Alterthum ſie gekannt habe.

In den Figuren einer japaniſchen Encyclopädie, deren erſte Ausgabe weit älter iſt als die Erfindung der Fernröhre, findet ſich Jupiter mit zwei kleinen Sternen zu beiden Seiten abgebildet; indeß beweiſt dieſe Zeichnung nicht viel, und es iſt bekannt, daß die Japaneſen den Texten ihrer älteſten Werke, wenn ſie dieſelben wieder drucken, die Documente beifügen, welche ſie durch ihre Verbindungen mit den Holländern erhalten haben. Der Umſtand, daß Jupiter nur mit zwei und nicht mit vier Monden abgebildet iſt, ſcheint allerdings ſchwierig zu erklären, kann aber auf die Entſcheidung der Frage nach der Sichtbarkeit dieſer kleinen Geſtirne ohne Hülfe der Fernröhre durchaus keinen Einfluß haben.

Ich habe erzählen hören, zu Anfang dieſes Jahrhunderts ſeien in Hamburg zwei Schweſtern geweſen, welche angeblich deutlich und ohne Schwierigkeit die beiden von den vier Monden, welche von dem Planeten am weiteſten abſtehen, hätten ſehen können. Eine nähere Prüfung ergab aber, daß hier nur ein Betrug vorlag; denn als ein berühmter Aſtronom die beiden Beobachterinnen auf die Probe ſtellte, fand ſich, daß ſie rechts vom Jupiter ſahen, was links ſtand, und umgekehrt; es war alſo erwieſen, daß dieſelben ſich an jedem Tage des Jahres nach den Zeichnungen in dem berliner Jahrbuche richteten, in welchem zur Bequemlichkeit der Aſtronomen, die im Allgemeinen Fernröhre mit zwei converen Gläſern oder mit umgekehrten Bildern anwenden, die Stellungen der Monde und des Planeten abgebildet ſind

nicht wie sie wirklich sind, sondern wie sie in solchen Instrumenten erscheinen.

Welchen Einfluß auf die Sichtbarkeit hat man der Ausdehnung der atmosphärischen Schichten zuzuschreiben, welche die vom Jupiter und seinen Monden ausgegangenen Lichtstrahlen durchdringen?

Mein Freund Boussingault erwähnt in einem Briefe vom Jahre 1835, daß während seines Aufenthaltes zu Bogota es weder ihm, noch seinem Begleiter Rivero gelang die Jupitersstrabanten mit bloßen Augen zu sehen, obwohl sie sich in einer Höhe von 2640 Meter (ungefähr 8400 Fuß) über dem Meeresspiegel befanden.

Wrangel erzählt, daß er in Sibirien einen eingebornen Jäger angetroffen habe, der zu ihm auf den Jupiter zeigend sagte: „Ich habe eben diesen großen Stern einen kleinen verschlingen und bald darauf wieder ausspeien sehen." Diese Anspielung bezog sich dem berühmten russischen Reisenden zufolge auf den Eintritt der Verfinsterung des dritten Jupitersmondes und den darauf folgenden Austritt. Bekanntlich ist die Schärfe des Gesichts der Eingebornen jener Länder und der Tartaren sprüchwörtlich geworden.

Mein Freund Humboldt hat vor Kurzem in seinem Kosmos eine Notiz des ehemaligen Directors der Sternwarte zu Breslau Boguslawski über einen in dieser Stadt wohnenden Schneidermeister aufgenommen, der mit bloßen Augen zwei Jupitersmonde, den dritten und ersten sah; leider sagt Boguslawski gar Nichts von den Vorsichtsmaßregeln, die er angewandt, um sich zu versichern, daß der Schneider Schön ihn nicht täuschte [24]).

Uebrigens ist die Sichtbarkeit der Jupitersmonde für manche Personen, und die Nichtsichtbarkeit derselben für die bei weitem größte Zahl der Menschen ein Factum, für das man eine Erklärung suchen muß, wofern es richtig ist, daß zwei dieser Monde, der dritte und erste, besonders aber der dritte, den Sternen sechster Größe gleichen, d. h. der Klasse von Sternen, welche stets mit bloßen Augen gesehen werden können. In einer Sitzung der pariser Akademie der Wissenschaften im Jahre 1843 suchte ich dieses Phänomen in folgender Weise mit der Form, in welcher stark leuchtende Objecte bei Beobachtungen ohne irgend ein optisches Instrument erscheinen, in Beziehung zu setzen:

„Betrachtet man den Jupiter mit bloßen Augen, so erscheint dieser Planet aus einem centralen stark leuchtenden Punkte gebildet, von welchem nach allen Seiten hin divergirende Strahlen ausgehen. In dieser Beziehung existiren aber sehr bedeutende Unterschiede zwischen den verschiedenen Beobachtern; bei dem einen überschreiten die Strahlen nicht drei, vier oder fünf Bogenminuten; bei andern erreichen sie zwölf bis funfzehn Minuten. Für den gewöhnlichen Beobachter verschwimmen also die Monde in einem falschen Lichte.

„Wenn wir jetzt die Annahme machen, daß das Bild des Jupiter sich in gewissen ausnahmsweise scharfen Augen nur mit Strahlen von einer oder zwei Minuten Länge ausbreite, so wird es nicht mehr unmöglich erscheinen, daß die Monde von Zeit zu Zeit ohne Zuziehung einer künstlichen Vergrößerung gesehen werden. Um diese Vermuthung zu prüfen, habe ich ein kleines Fernrohr anfertigen lassen, in welchem Objectiv und Ocular fast dieselbe Brennweite haben, das also nicht vergrößert. Dies Fernrohr zerstört nicht vollständig die divergirenden Strahlen, vermindert aber ihre Ausdehnung beträchtlich. In der That reichte dies hin, um beim ersten Versuch einen in passender Entfernung vom Planeten stehenden Mond (den dritten) sichtbar zu machen. Die Thatsache ist durch sämmtliche junge Astronomen der pariser Sternwarte, E. Bouvard, Laugier, Mauvais, Goujon, Faye constatirt worden.

„Sobald festgestellt ist, daß die Jupitersmonde ohne irgend welche Vergrößerung wahrgenommen werden können, so ist klar, daß ein Auge, welches die divergirend von dem Bilde des Planeten ausgehenden Lichtstrahlen auf eine Länge reducirt, wie sie dieselben in dem kleinen nicht vergrößernden Fernrohr besitzen, diese kleinen Gestirne grade eben so gut wahrnehmen wird, als die gewöhnlichen Augen mittelst des kleinen Fernrohrs vermögen. Alles läßt glauben, daß von Natur mit einer solchen Vollkommenheit begabte Augen existiren; Augen, welche die Bilder der entfernten aufs stärkste glänzenden Gegenstände fast ohne alles falsche Licht sehen."

Funfzehntes Kapitel.

Vorübergang der Schatten über die Scheibe des Planeten. — Flecken der Monde. — Rotation dieser Gestirne.

Die erste Beobachtung eines Vorüberganges des Schattens eines Mondes über die Scheibe des Jupiter rührt von Dom. Cassini her, und geht bis zum Jahre 1664 zurück.

Die Beobachtung der beständig oder nur momentan auf der Oberfläche der Monde vorhandenen Flecken, die nur zu der Zeit möglich ist, wo diese kleinen Gestirne sich auf die Scheibe des Planeten projiciren, scheint für den vierten Mond seit dem Jahre 1665 von Dom. Cassini in Italien gemacht worden zu sein (Mémoires de l'Académie des sciences 1714). Auf authentische Weise indeß läßt sie sich nur bis zum Jahre 1677 zurückführen, und muß Cassini und Römer zugeschrieben werden. Seitdem wurde diese Beobachtung öfter wiederholt, namentlich von Maraldi, der 1707 Flecken auf dem vierten und dritten Monde beobachtete. Es finden sich ferner Beobachtungen der Flecken derselben beiden Monde in einer 1768 in den Philosophical Transactions und später 1804 in der Connaissance des temps veröffentlichten Abhandlung Messier's. Schröter's Beiträge enthalten ähnliche Beobachtungen. Diese Beobachtungen weisen auf eine Uebereinstimmung in der physischen Zusammensetzung der Monde und des von ihnen umkreisten Planeten hin.

Herschel legte 1797 der londoner königlichen Gesellschaft die Resultate zahlreicher Beobachtungen über die relativen Lichtintensitäten und Größen der Jupitersmonde vor; es folgte aus ihnen, daß beide, die Lichtintensitäten sowohl als auch die scheinbaren Größen dieser Monde sehr veränderlich sind.

Die eben genannten Aenderungen beweisen augenscheinlich, daß die Monde mit mehr oder weniger das Licht reflectirenden Flecken bedeckt sind und sich um sich selbst drehen.

Als Herschel mittelst eines graphischen Verfahrens in den vier Bahnen die Stellen bezeichnete, wo während einer längern Periode jeder Mond sich auf dem Maximum und dem Minimum der Größe gezeigt hatte, erkannte er, daß diese Phänomene stets in denselben

Gegenden ſtattfinden. Wie unſer Mond, drehen alſo auch die Monde des Jupiter ſich in derſelben Zeit, in welcher ſie einen Umlauf um den Planeten vollbringen, ein Mal um ſich ſelbſt.

Warum Sir John Herſchel bei Gelegenheit der auf dieſen Monden während ihres Durchgangs vor der Scheibe des Jupiter wahrgenommenen Flecken nur Schröter und Harding erwähnt, weiß ich nicht zu erklären: derartige Beobachtungen waren, wie wir oben geſehen haben, viel früher angeſtellt [25]).

Die Flecken der Monde ſind niemals bemerkt worden, wenn dieſe kleinen Himmelskörper außerhalb des Planeten ſtehen, wie ſtark und vollkommen auch das zur Beobachtung benutzte Fernrohr geweſen ſein mochte; ſie ſind dagegen und ſogar ſehr leicht wahrnehmbar, wenn die Monde bei ihrem Umlaufe vor die Scheibe des Jupiter treten. Dieſe Erſcheinung iſt ſehr beachtungswerth; ſchon Bailly ſagt: „Die Flecken ſind die Details einer Oberfläche; nun iſt es ziemlich ſeltſam, die Details in Dingen zu unterſcheiden, deren Ganzes durch ſeine Kleinheit ſich der Wahrnehmung entzieht.“ Leider verliert ſich nach dieſer ſehr richtigen Bemerkung der berühmte Verfaſſer der Histoire de l'Astronomie behufs einer Erklärung des beobachteten Factums in völlig unverſtändliche Betrachtungen. Sehen wir, ob daſſelbe mit bereits unterſuchten Urſachen in Beziehung zu ſetzen iſt und ſich irgend etwas Brauchbares daraus herleiten läßt.

Wir wiſſen, daß ein ſehr kleiner leuchtender Gegenſtand niemals ſcharf begrenzt erſcheint, ſondern ſich faſt wie ein formloſes Licht darſtellt, von welchem nach allen Richtungen mehr oder weniger lange Strahlen divergiren. Aus Urſachen, welche von der Bildung unſerer Augen abhängen und noch nicht vollſtändig erörtert ſind, verſchwinden dieſe Strahlen in einem Fernrohre, wenn das leuchtende Object eine merkliche Winkelbreite erhält; deshalb erſcheint, um ein Beiſpiel von dem glänzendſten Planeten zu entlehnen, der Rand der Venus ſcharf begrenzt und ohne irgend eine Spur divergirender Strahlen, die auftreten würden, ſobald man jeden Punkt dieſes Randes für ſich ſähe. Verſuchen wir nun von dieſen erwieſenen Thatſachen eine Anwendung auf den Fall zu machen, wo ein Jupitersmond beobachtet wird.

Wenn der Mond außerhalb des Planeten erſcheint, wird ſein Bild verwaſchen und von divergirenden Strahlen umgeben ſein, die ſich auf die Flecken, falls es deren gibt, projiciren und dieſelben unſichtbar machen. Wenn dagegen der Mond vor dem Planeten ſteht, ſo wird ſeine Scheibe, wie klein ſie auch ſein möge, ſich ſcharf auf der Scheibe des Planeten abbilden; die divergirenden Strahlen verſchwinden und es hindert dann Nichts mehr die ſchwarzen Flecken zu ſehen, die durch den Contraſt zwiſchen ihrem geringern und dem ſtärkern Lichte der Umgebungen ſichtbar werden.

Iſt dieſe Art das Phänomen zu erklären richtig, ſo können wir daraus ein experimentelles Verfahren herleiten, um das Vorhandenſein der Flecken durch directe Beobachtung auch in ſolchen Stellungen zu beweiſen, wo man bis jetzt daſſelbe nur auf dem Wege der Induction zu erſchließen vermochte.

Ein ſolches Verfahren läßt ſich auf die Anwendung eines mit doppeltbrechendem Prisma verſehenen Fernrohres gründen. Wir wollen annehmen, der dritte Mond ſtehe öſtlich von der Scheibe des Jupiter; das genannte Fernrohr erzeugt zwei Bilder ſowohl vom Planeten als auch von ſeinem Monde, deren eines in ſeiner natürlichen Lage, das zweite durch die ungewöhnlich gebrochenen Strahlen gebildete dagegen ſeitwärts, z. B. weſtlich vom erſten erſcheint. Nichts iſt leichter, als das zweite Bild des dritten Mondes auf das erſte Bild der leuchtenden Planetenſcheibe zu projiciren. Die Urſachen, welche das Bild dieſes Mondes verwaſchen machen, werden ſofort verſchwinden; nur muß der Lichtcontraſt, infolge deſſen der Flecken bei der gewöhnlichen Beobachtung ſichtbar iſt, weniger merklich hervortreten; denn in dem einem Flecken entſprechenden Theile wird das Bild des Mondes durch ein Licht erhellt werden, welches dem erſten Bilde des Jupiter an Stärke gleich kommt.

In den Gegenden, welche einen Flecken umgeben, beſteht das Bild des Mondes aus ſeinem eigenen Lichte hinzugefügt zu dem Lichte der Planetenſcheibe. Geſetzt nun, die Materie, aus welcher der Mond gebildet iſt, beſitze eine gleich ſtark reflectirende Kraft wie die des Jupiter, und der Flecken ſelbſt ſende gar kein Licht aus: ſo wird das Verhältniß zwiſchen den Lichtſtärken, welche uns die verſchiedenen Theile

der Mondſcheibe erkennen laſſen, wie 1 zu 2 ſein, was mehr als hinreicht, um die verſchiedenen jetzt gut begrenzten Regionen dieſes Mondes zu unterſcheiden.

Es wäre von Intereſſe, zu unterſuchen, ob die Monde, wenn ſie auf unſer atmoſphäriſches Licht, das wir als eine leuchtende Planetenſcheibe von unendlicher Ausdehnung betrachten können, proſicirt werden, von den falſchen Strahlen befreit ſind, die ſie umgeben, wenn ſie auf dunklem Grunde erſcheinen, und ob dann die Flecken ſichtbar werden? In der Nacht könnte man auch das Feld des Fernrohrs durch künſtliches Licht, deſſen Intenſität beliebig zu verändern wäre, erleuchten und dieſelben Beobachtungen wiederholen.

Ich darf hier zwei Beobachtungsreſultate nicht mit Stillſchweigen übergehen, die, ihre Richtigkeit vorausgeſetzt, ſich nicht leicht mit der zuvor gegebenen Erklärung in Einklang bringen laſſen; ſie ſtammen aus einer Arbeit Meſſier's. „Je mehr, ſagt dieſer Aſtronom, ein Flecken auf dem dritten Monde ſich dem Rande des Planeten näherte, um ſo mehr nahm er an Größe ab, und ich hörte auf ihn zu ſehen, bevor er noch den Rand des Jupiter erreicht hatte.“ (Beobachtung vom 6. September 1760.)

„Am 14. Juli 1771, ſagt Meſſier, hörte ein Flecken auf dem dritten Monde in der Nähe des Randes auf ſichtbar zu ſein.“ (Connaissance des temps für 1804, S. 415 u. 420.)

Die Flecken der Monde, deren Vorhandenſein durch die Vorübergänge dieſer kleinen Geſtirne vor der Scheibe des Jupiter bewieſen worden iſt, dienen zur Erklärung der Aenderungen in den Lichtintenſitäten, welche ſie zeigen; man braucht nur anzunehmen, die Materie der Monde oder die ihrer Atmoſphären ſei nicht auf allen Punkten gleich gut zur Zurückwerfung des Sonnenlichtes geeignet, und dieſelben drehen ſich um ſich ſelbſt, ſo daß ſie der Erde nach einander alle Theile ihrer Oberfläche zuwenden.

Sechszehntes Kapitel.

Veränderlichkeit der ſcheinbaren Größen der Monde und Folgerungen daraus.

Die Reihenfolge der Monde nach ihren relativen Lichtſtärken iſt fortwährend veränderlich. Für gewöhnlich iſt der dritte der hellſte; der vierte wird oft ſo ſchwach, daß er faſt ganz verſchwindet, wie dies aus einer der pariſer Akademie der Wiſſenſchaften mitgetheilten und von Maraldi in ſeiner Abhandlung von 1714 citirten Beobachtung Bianchini's hervorgeht.

Nach neuern von Galle ausgeführten und von A. v. Humboldt berichteten Vergleichungen iſt der dritte Jupitersmond in ſeinem ſtärkſten Glanze einem Sterne fünfter bis ſechſter Größe zu vergleichen; die übrigen, deren Licht veränderlich iſt, ſchwanken zwiſchen ſechſter und ſiebenter Helligkeitsgröße[26]).

Nach William Herſchel zeigt der erſte Mond dieſe Schwankungen im ſtärkſten Grade.

Schon Caſſini hatte bemerkt, daß dieſe Aenderungen in den ſcheinbaren Größen ſich nahe in denſelben Stellungen der Monde in Bezug auf den Jupiter und die Sonne wiederholen. (Mém. de l'Acad. des Sc. I. S. 266.)

Dieſe Bemerkung führte, wie wir in dem vorhergehenden Kapitel geſehen haben, zu der Folgerung, daß die Zeiten der Umdrehung der Monde um ſich ſelbſt gleich ſeien ihren Umlaufszeiten um den Jupiter; eine Folgerung, die anfangs aus analogen Beobachtungen bezüglich des von Huygens entdeckten Saturnmondes hergeleitet, ſpäter ohne hinreichend triftige Gründe aufgegeben wurde.

Dieſe Unterſuchungen wurden am Ende des vorigen Jahrhunderts von Herſchel und Schröter wieder aufgenommen. Beide Aſtronomen ermittelten durch Vergleichung der relativen Größen der Monde die Punkte in ihren Bahnen, wo jeder von ihnen ſeine größte Helligkeit erreicht. Aus ihrer Arbeit, die nur erſt, wenn die Photometrie neue Fortſchritte gemacht hat, mit Vortheil wieder aufgenommen werden kann, hat ſich ergeben, daß dieſe Maxima für jedes dieſer kleinen Geſtirne an denſelben Punkten ſeiner Bahn eintreten, und daß ſomit

die Rotationszeiten der Monde ihren Umlaufszeiten um den Hauptplaneten gleich sind. Einige Beobachtungen, welche mit diesem Gesetze nicht im Einklange stehn, vermögen dasselbe nicht zu entkräften; solche Anomalien hängen sicherlich von augenblicklichen physischen Veränderungen ab, welche auf der Oberfläche oder in der Atmosphäre der Monde eintreten.

Nach Herschel befindet sich der erste Mond in der Mitte seines größten Glanzes, wenn er denjenigen Punkt seiner Bahn erreicht, der ungefähr die Mitte zwischen seiner größten östlichen Digression und der Conjunction bildet; die glänzendste Seite des zweiten Mondes ist ebenfalls der Erde zugewandt, wenn derselbe sich zwischen seiner größten östlichen Elongation und der Conjunction befindet; für den dritten Mond existiren zwei Maxima der Helligkeit, und werden in den beiden Elongationen beobachtet; der vierte glänzt nur kurz vor und kurz nach seiner Opposition mit lebhaftem Lichte.

Analoge in Berlin von Beer und Mädler vom December 1835 bis zum April 1836 angestellte Beobachtungen haben, soweit überhaupt die Unvollkommenheit der Methode urtheilen läßt, das von Herschel und Schröter für den ersten, zweiten und vierten Mond, die alle drei starken Lichtänderungen unterworfen sind, erhaltene Resultat bestätigt. In Betreff des dritten, der stets der hellste ist, haben sie sich nicht definitiv aussprechen zu können geglaubt.

Ich will die Bemerkung beifügen, daß Maraldi schon 1707 an dem dritten Monde solche Aenderungen in seiner Helligkeit wahrnahm, daß derselbe bisweilen den übrigen gleich und selbst schwächer als diese erschien. (Mém. de l'Acad. des Sc. 1707, S. 295.)

Wenn es gestattet wäre negativen Thatsachen eine volle Beweiskraft beizulegen, so würde eine Bemerkung von Dom. Cassini noch besser als die Helligkeitsänderungen der Monde das Vorhandensein von stark brechenden Atmosphären bei mehreren dieser kleinen Gestirne beweisen; dieser berühmte Astronom äußerte nämlich im Jahre 1678 (Mém. de l'Acad. des Sc. I. S. 266), daß er bisweilen den Schatten des ersten Mondes nicht habe bemerken können, obwohl er seine Flecken und folglich den Satelliten selbst vollkommen unterschied. Man hat zur Erklärung dieser Erscheinung angenommen, daß das von der Atmo-

ſphäre des letztern gebrochene Sonnenlicht in den Schattenkegel eindringt; wäre aber dieſe Erklärung richtig, warum würde der Schatten nur bisweilen verwiſcht? Allerdings ändern ſich bei den totalen Verfinſterungen unſeres Mondes die wenigen Sonnenſtrahlen, welche die Scheibe deſſelben noch erleuchten, je nach der Beſchaffenheit der Erdatmoſphäre ſehr beträchtlich. Sollten dieſelben Urſachen ähnliche Wirkungen in Betreff der Atmoſphäre des erſten Jupitermondes erzeugen? Genaue Meſſungen der Durchmeſſer des Schattens, den er wirft, würden dieſe Frage aufzuhellen im Stande ſein. Man ſieht, daß dieſe entlegenen Welten unſern Nachfolgern noch viele zu löſende Probleme darbieten.

Siebenzehntes Kapitel.

Farben der Monde.

Obgleich die Monde nicht mit eigenem Lichte leuchten, ſondern ihren Glanz der Sonne entlehnen, erſcheinen ſie doch nicht in derſelben Farbennuance, entweder infolge beſonderer Eigenthümlichkeiten der feſten Maſſen, woraus ſie beſtehen, oder durch eine Wirkung ihrer Atmoſphären. Nach William Herſchel iſt die Farbe des erſten Mondes ein mehr oder weniger lebhaftes Weiß; die des zweiten geht aus dem Graulichweißen ins Bläulichweiße; der dritte iſt ſtets weiß; und der vierte endlich erſcheint bisweilen orange, bisweilen röthlich.

Mädler und Beer haben in allen ihren Beobachtungen beim vierten Monde eine beſtimmte bläuliche Färbung wahrgenommen; der dritte zeigte eine gelbliche Nuance. Das Licht des erſten und zweiten zog ins Blau, beſonders wenn dieſe beiden Monde in der Nähe des dritten ſtanden.

Man ſieht, wie ſehr dieſe letztern Reſultate von den durch Herſchel gefundenen abweichen; die Färbung des Lichtes der Jupitersmonde verdient alſo von Neuem unterſucht zu werden, wobei aber die Beobachter ſich mit größter Sorgfalt gegen ſogenannte Contraſtwirkungen ſchützen müſſen.

Achtzehntes Kapitel.

Vorübergänge der Monde vor der Scheibe des Jupiter.

Die Beobachtung der leuchtenden Monde auf der Scheibe des Jupiter ſelbſt wurde zum erſten Male von Dom. Caſſini*), ſpäter von Maraldi ausgeführt. Letzterer machte in den Memoiren der pariſer Akademie der Wiſſenſchaften für 1707 die Bemerkung, daß der nahe am öſtlichen und weſtlichen Rande wie ein heller Flecken leicht ſichtbare Mond gegen den Mittelpunkt hin verſchwand, indem ſein Licht ſich dann mit dem des Planeten vermiſchte. Dieſe Beobachtung iſt, obgleich Maraldi es nicht hervorhebt, eine wirkliche photometriſche Meſſung. Der Mond iſt in der Nähe des Randes vom Jupiter ſichtbar, weil dort das Licht des letztern ſchwach iſt und ſein Glanz den des Planeten übertrifft. Im Mittelpunkte aber verſchwindet er, weil ſeine Färbung und ſein Glanz dann dieſelben ſind, wie ſie die von ihm bedeckten und die zunächſt liegenden Theile der Jupitersſcheibe zeigen.

Pound beobachtete Aehnliches im Jahre 1719, wie aus den Philosophical Transactions erhellt, wo er ſagt: „Ich habe mehrere Male den erſten und zweiten Jupitersmond nicht wie dunkle Flecken, ſondern wie leuchtende Punkte, wenn auch nur wenig heller als Jupiter, kurz nach ihrem Eintritte auf die Scheibe des Planeten erſcheinen ſehen; ſie verſchwanden aber beim Annähern an die Mitte.“

Eine Abhandlung Meſſier's, die zuerſt in den Philosophical Transactions von 1767, dann in der Connaissance des temps des Jahres XV erſchien, enthält folgende zwei Beobachtungen:

Am 19. Auguſt 1760 war der erſte ſich auf die Planetenſcheibe projicirende Mond um ſo beſſer ſichtbar, je mehr er ſich dem Rande näherte.

---

*) Herigonus hatte 1644 den Vorſchlag gemacht, zur Längenbeſtimmung anſtatt der Verfinſterungen der Monde ihre Vorübergänge vor dem Mittelpunkte der Scheibe des Jupiter zu wählen. Caſſini entgegnete hierauf (Mém. de l'Acad. VIII.), daß die von Herigonus vorgeſchlagene Beobachtung nicht ausführbar ſei, weil die Monde nicht ſichtbar wären, wenn ſie ſich auf den Mittelpunkt des Planeten projicirten.

Am 22. Auguſt 1760 wurde der zweite Mond nur dann ſichtbar, wenn er vom Rande des Planeten um $^1/_8$ ſeines Durchmeſſers abſtand.

Das mit einem doppeltbrechenden Prisma verſehene Fernrohr liefert ein Mittel dieſe Beobachtungen zu wiederholen mit der Abänderung, daß in demſelben ein Bild auf den Planeten projicirt wird, und nicht ein materieller Schirm, der das Licht, vor welches er ſich ſtellt, ins Auge zu gelangen hindert. Mittelſt eines ſolchen Fernrohres kann man z. B. das ungewöhnlich gebrochene Bild eines jeden Mondes auf irgend einen Punkt des gewöhnlichen Bildes der Planetenſcheibe projiciren.

Ich habe in meinen Tagebüchern derartige Beobachtungen gefunden, und nicht ohne Ueberraſchung geſehen, daß der Mond ſehr ſichtbar am Rande war, aber gegen den Mittelpunkt hin verſchwand, d. h. an einem Punkte, wo ſein Licht, hinzugefügt zu dem des Planeten, die doppelte Summe des umgebenden Lichtes hätte bilden ſollen. Indeß gebe ich dieſe Beobachtung nicht als vollkommen genau; ſie verdient aber ſicherlich wiederholt zu werden. Ich wage vorherzuſagen, daß man zu intereſſanten Reſultaten gelangen wird, wenn man zu dieſen Beobachtungen bereits polariſirtes Licht anwendet, wodurch es möglich wird, die Lichtſtärke des einen Bildes alle möglichen Grade durchlaufen zu laſſen.

Achtundzwanzigstes Buch.

Geschwindigkeit und Aberration des Lichtes.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Wer die ausführlichen Details, auf welche ich bei der nachfolgenden Darlegung von Römer's Entdeckung der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit durch die Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupitersmonde eingehen zu müssen glaubte, mit dem vergleicht, was sich über diesen Gegenstand in den berühmtesten physikalischen und astronomischen Lehrbüchern findet, wird sich ohne Zweifel fragen, ob alle diese Einzelheiten nöthig gewesen wären. Ich meinestheils behaupte ohne Zögern, daß die von den meisten meiner Vorgänger gegebenen kurzen Erörterungen bei der Mehrzahl der Leser nicht die volle Ueberzeugung hervorrufen. Erst nachdem ich mich selbst von dem Ungenügenden der wenigen Sätze überzeugt hatte, mit welchen man die Theorie des berühmten dänischen Astronomen begründen zu können glaubte, habe ich mich für eine ausführlichere Entwickelung entschieden.

Zweites Kapitel.

Bemerkungen über die Erſcheinungen, welche die Verfinſterungen der Jupitersmonde darbieten.

Ich erinnere zunächſt daran, daß Jupiter, weil er ein undurchſichtiger Körper iſt, nach der von der Sonne abgekehrten Seite einen Schattenkegel werfen muß, deſſen Axe die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Geſtirne iſt, und in welchen kein Sonnenſtrahl eindringen kann. Ich erinnere ferner daran, daß die Monde, weil ſie ebenfalls nicht ſelbſtleuchtend ſind, nur durch reflectirtes Sonnenlicht geſehen werden, und alſo verſchwinden müſſen, wenn dieſes Licht dieſelben nicht mehr erreicht oder wenn ſie in den Schattenkegel eingetreten ſind. Dies vorausgeſchickt, bedeute in Fig. 331 S die Sonne, T die Erde,

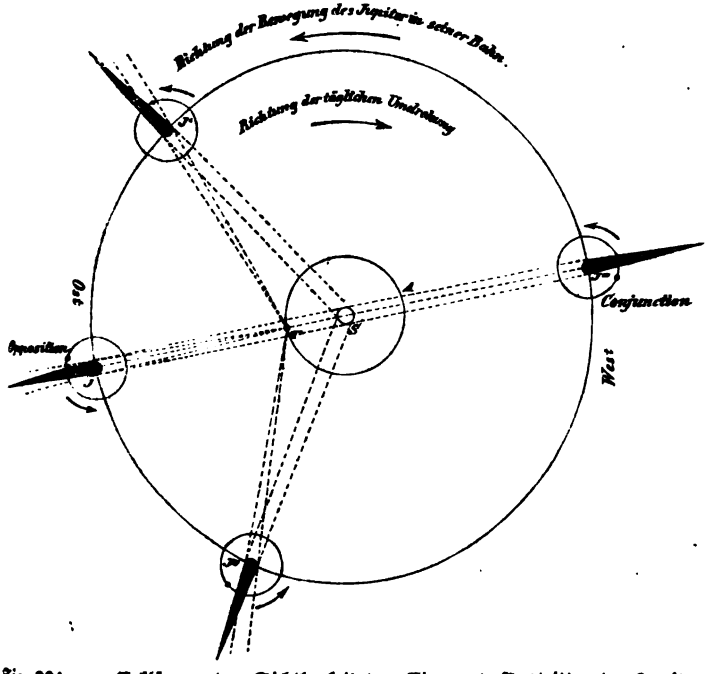


Fig. 331. — Erklärung der Sichtbarkeit des Ein- und Austrittes der Jupitersmonde aus dem Schattenkegel.

und J, J', J'' und J''' den Jupiter in den verſchiedenen Stellungen, welche er zu verſchiedenen Zeiten eines Jahres einnehmen kann.

Man darf nicht vergeſſen, daß wenn die Erde T ſich zwiſchen Jupiter und Sonne auf der Verbindungslinie beider Geſtirne befindet, Jupiter, weil er der Sonne grade entgegengeſetzt ſteht, genau um Mitternacht in den Meridian tritt; man ſagt dann, der Planet ſei in Oppoſition. Wenn die Erde immer noch auf der Verbindungslinie der Sonne und des Jupiter, aber nicht mehr zwiſchen dieſen beiden Geſtirnen liegt, ſondern in der Stellung, wie ſie durch T S J''' angegeben wird, ſo ſieht ein auf der Erde ſtehender Beobachter den Jupiter in derſelben Gegend des Himmels, welche die Sonne einnimmt, und beide Geſtirne gehen in demſelben Augenblicke, d. h. um Mittag, durch den Meridian; der Jupiter ſteht dann in Conjunction.

In der Figur 331 möge nach rechts Weſt und nach links Oſt liegen; die tägliche Umdrehung erfolgt in dem Sinne von links nach rechts; die Bewegung des Jupiter geſchieht in ſeinem Laufe von der Conjunction zur Oppoſition von Weſt nach Oſt oder von rechts nach links und die Bewegung ſeines Satelliten hat in dem Theile ſeiner Bahn, wo der Schattenkegel ſich befindet, dieſelbe Richtung von rechts nach links oder von Weſt nach Oſt.

Wenn Jupiter in Oppoſition ſteht, in der Stellung S T J, ſo können wir weder das Verſchwinden noch das Wiedererſcheinen des erſten Mondes wahrnehmen. Letzterer durchſchneidet nämlich den Schattenkegel in Punkten, welche, wie leicht erſichtlich, durch den dunkeln Körper des Jupiter verdeckt werden; denn in einem Kegel iſt die Baſis größer als alle ähnlichen und kreisförmigen Schnitte zwiſchen der Baſis und der Spitze.

Befindet ſich Jupiter in irgend einer Stellung J' zwiſchen der Conjunction und Oppoſition, ſo iſt der Punkt, wo der Mond in den Schattenkegel eintritt, von der Erde aus nicht ſichtbar. Dagegen können wir den Punkt, an welchem er aus dem Schattenkegel heraustritt, ſehen und den Moment ſeines Wiedererſcheinens oder Austrittes beſtimmen. In dieſer Stellung des Planeten, und ebenſo in allen zwiſchen J''' und J, wo der Jupiter in Conjunction iſt, befindlichen, können alſo nur die Austritte beobachtet werden. Das Umgekehrte wird

ſtattfinden, wenn wir den Jupiter an irgend einem Punkte J'' zwiſchen der Oppoſition und Conjunction betrachten; es iſt dann nur die Seite des Schattenkegels ſichtbar, wo der Mond in denſelben eindringt: wir können alſo nur die Eintritte beobachten, während die Austritte an Punkten erfolgen, welche durch den dunklen Körper des Planeten verdeckt ſind.

In Figur 331 haben wir der Einfachheit wegen die Erde unbeweglich in T angenommen, während Jupiter ſeine ganze Bahn be-

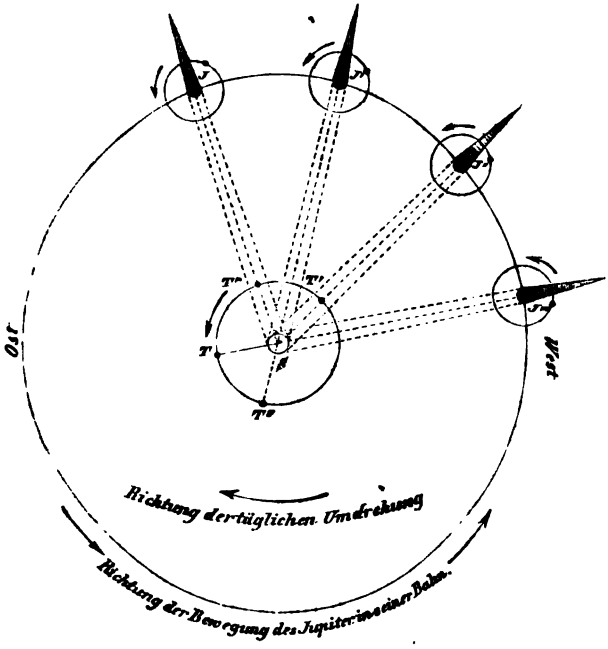


Fig. 332. — Wirkliche relative Bewegungen der Erde und des Jupiter.

ſchrieb. Die Erſcheinungen laſſen ſich aber auf dieſelbe Weiſe erklären, wenn wir der Wirklichkeit gemäß die Erde ebenſo wie den Jupiter ſich um die Sonne bewegen laſſen. Dann folgt auf eine Conjunction T S J''' (Figur 332) nach etwas länger als einem halben Jahre eine Oppoſition S T' J'', darauf kommt eine zweite Conjunction T'' S J', auf welche wieder eine Oppoſition S T''' J folgt u. ſ. w. Während

die Erde in ihrer Bahn von T nach T' geht, ſehen wir alle zuvor beſchriebenen Erſcheinungen am Jupiter, der ſich von J''' nach J'' bewegt, eintreten.

Die Zeit, welche zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Eintritten eines und deſſelben Jupitersmondes verfließt, iſt genau gleich der Zeit, welche zwiſchen zwei Austritten liegt; ſie heißt die ſynodiſche Umlaufszeit.

Wir wollen uns die Bahn des Jupitersmondes in 360° getheilt denken; irgend ein Durchmeſſer derſelben, z. B. der durch 0° und 180° gehende, bleibt ſtets mit ſich parallel, ſelbſt während der Fortrückung des Jupiter. Die Zeit, welche der Mond gebraucht, um wieder zu demſelben Grade in ſeiner Bahn zurückzukehren, nennt man die ſideriſche Umlaufszeit deſſelben.

Es iſt zweckmäßig aufzuſuchen, wie dieſe beiden Umlaufszeiten mit einander zuſammenhängen, wie eine aus der andern hergeleitet werden kann.

Der Schattenkegel bleibt ſich während der Bewegung des Jupiter nicht parallel; er verſchiebt ſich täglich im Winkel um eine Größe, welche der Bewegung des Jupiter in ſeiner Bahn, von der Sonne aus geſehen, gleichkommt. Da nun die Bewegung des Jupiter in ſeiner Bahn nahe gleichförmig iſt, ſo übertrifft die ſynodiſche Umlaufszeit des Mondes die Dauer des ſideriſchen Umlaufs um die nämliche Größe, welche Stellung auch Jupiter einnehmen mag. Wenn der Mond ſich gleichförmig um den Hauptplaneten bewegt, ſo werden die Intervalle zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Rückkehrzeiten zu den Grenzen des Schattenkegels, zwiſchen zwei Eintritten oder zwei Austritten unter einander gleich ſein, wenn auch etwas länger als die Dauer der ſideriſchen Umlaufszeit.

Ein periodiſcher oder ſideriſcher Umlauf iſt vollendet, wenn das Geſtirn zu demſelben phyſiſchen Punkte ſeiner Bahn, zu demſelben Grade zurückgekehrt iſt. Dieſe ſideriſche Umlaufszeit iſt kürzer als die ſynodiſche, welche ſich auf die Rückkehr zum Schattenkegel bezieht. Denn nach der Art, wie Jupiter ſich von Weſt nach Oſt bewegt, bleibt die Linie C Z (Figur 333), welche im Momente des Eintritts den Mittelpunkt des Jupiter mit dem Monde verband, mit ſich parallel.

Wenn der Jupiter nach C′ gekommen iſt, ſo befindet ſich der Punkt Z in Z′ auf der mit C Z parallelen Linie C′ Z′. Der Punkt Z′ liegt aber nicht mehr auf der Grenze des Schattens; der nach Z′ gelangte Satellit muß noch den Bogen Z′ V durchlaufen, bevor er verfinſtert wird. Es bleibt jetzt alſo noch der Bogen V Z′ oder der Winkel V C′ Z′ zu finden. Dieſer Winkel iſt der Ueberſchuß des Winkels O′ C′ Z′ über den Winkel O′ C′ V, oder was auf daſſelbe hinauskommt, der Ueberſchuß von O′ C′ Z′ über O C Z. Dieſer Ueberſchuß iſt aber offenbar dem Winkel C S C′ gleich, um welchen Jupiter von einer Beobachtung zur andern in ſeiner Bahn um die Sonne fortgerückt iſt; denn der Winkel O C′ Z′ iſt gleich C′ P C + C′ S C oder auch O C Z + C′ S C; folglich wird O′ C′ Z′ — O C Z gleich C′ S C, wenn die Bewegung des Jupiter gleichförmig iſt, was wegen der geringen Excentricität ſeiner Bahn ſehr nahe ſtattfindet.

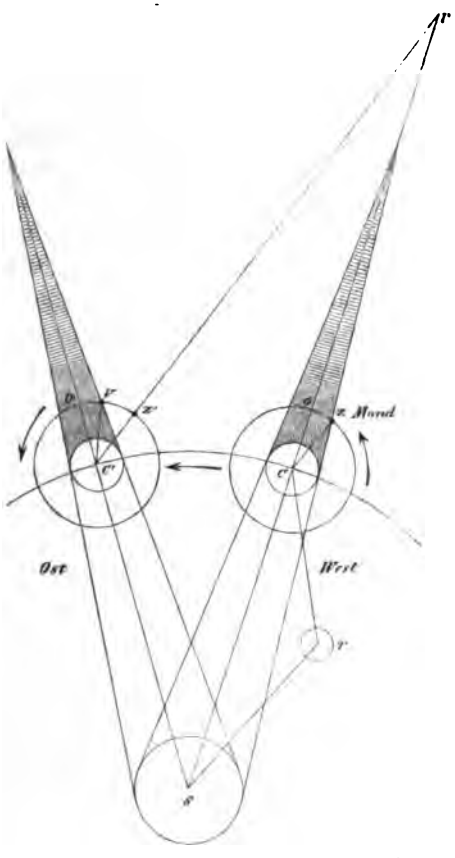


Fig. 333. — Beziehung zwiſchen der ſideriſchen und ſynodiſchen Umlaufszeit des Jupiter.

Drittes Kapitel.

Einfluß der Geſchwindigkeit des Lichtes auf die beobachteten Werthe der ſynodiſchen Umlaufszeiten der Jupitersmonde.

Die Frage, deren Beantwortung uns jetzt obliegt, lautet: Iſt die durch Beobachtung aus den Ein- und Austritten beſtimmte ſynodiſche Umlaufszeit ſtets dieſelbe, und welches iſt, im Fall die Antwort verneinend ausfällt, der Einfluß der Geſchwindigkeit des Lichtes auf dieſelbe?

Es iſt klar, daß zu den Zeiten im Jahre, wo die Abſtände des Jupiter von der Erde faſt conſtant bleiben, die aus den beobachteten Ein- und Austritten der Satelliten abgeleiteten ſynodiſchen Umlaufszeiten von der Geſchwindigkeit des Lichtes unabhängig ſein müſſen, weil zwei aufeinanderfolgende Beobachtungen in gleicher Weiſe von dieſer Geſchwindigkeit afficirt werden. Es gibt nun aber zwei Zeiten im Jahre, wo der Abſtand des Jupiter von der Erde während mehrerer aufeinanderfolgenden Tage faſt ungeändert bleibt; dies iſt der Fall in den Tagen, welche den Conjunctionen und Oppoſitionen vorhergehen oder folgen. Man wird dies ſogleich einſehen, wenn man beide in Conjunction oder Oppoſition befindlichen Geſtirne auf zwei concentriſche Kreiſe (Figur 334) ſetzt, deren gemeinſchaftlichen Mittelpunkt die Sonne einnimmt. Dann weichen die Linien Ta, Ta′, Ta″ in ihrer Länge ſehr wenig von einander ab; und daſſelbe gilt auch von den Linien Tb, Tb′, Tb″. Dagegen ſind dieſe Linien reſpective bedeutend größer oder kleiner als die Linie Tc. Von der Richtigkeit dieſer Thatſache kann man ſich auf dem Wege der Beobachtung durch die mikrometriſche Meſſung des Durchmeſſers des Jupiter überzeugen, der während einer gewiſſen Anzahl Tage vor und nach den beiden erwähnten Epochen conſtant bleibt.

Man kann ferner ebenſo wie durch Meſſungen des Winkeldurchmeſſers des Jupiter auch durch Meſſungen der Elongationen des Satelliten nachweiſen, daß in der Nähe der Oppoſition und Conjunction der Abſtand des Planeten und ſeines Mondes von der Erde ſich faſt nicht ändert, ſo daß alſo zu dieſen Zeiten die Umlaufszeiten des Mondes oder die zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Eintritten liegenden Zeiträume von der Geſchwindigkeit des Lichtes unabhängig ſein müſſen,

weil beide miteinander verglichenen Beobachtungen von Seiten dieſer Geſchwindigkeit einen gleichen Einfluß erfahren. Man wird alſo mittelſt eines einige Tage vor oder nach der Conjunction oder Oppoſition beobachteten Ein- und Austritts denjenigen herleiten können, welcher in den letztgenannten Stellungen ſelbſt ſtattfindet, und aus bereits oben angegebenen phyſiſchen Gründen ſich nicht direct beobachten läßt.

Vergleicht man die aus Beobachtungen zur Zeit der Oppoſition oder Conjunction hergeleiteten ſynodiſchen Umlaufszeiten mit den aus

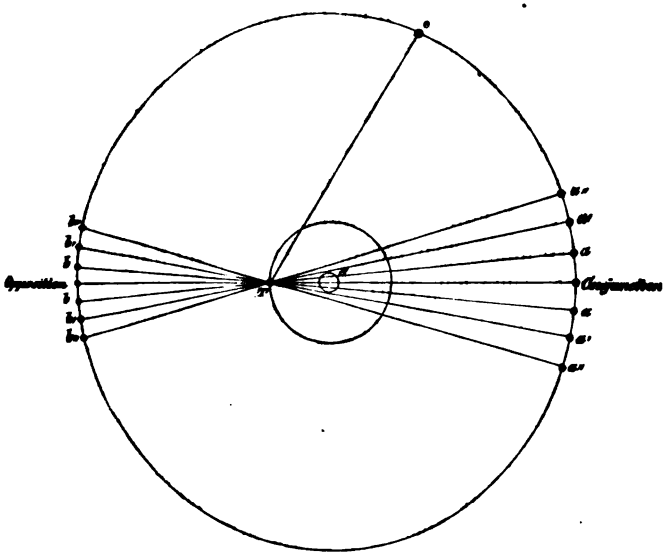


Fig. 334. — Aenderungen in den mittleren Abſtänden der Erde vom Jupiter zu den verſchiedenen Zeiten.

den Beobachtungen in andern Stellungen, z. B. in den Quadraturen, berechneten, ſo werden dieſelben von einander abweichen.

Unterſuchen wir jetzt, wie viel der Abſtand des Jupiter von der Erde ſich von der Oppoſition zur Conjunction geändert hat. Der Abſtand T J (Fig. 331) des in J in Oppoſition befindlichen Jupiter von der Erde iſt gleich dem halben Unterſchiede zwiſchen den Durchmeſſern der Jupiters- und Erdbahn; der Abſtand T J''' des in J'''

in Conjunction befindlichen Jupiter besteht aus dem Durchmesser der Erdbahn T A und der Größe A J''', die ebenso wie T J der halbe Unterschied der beiden Bahndurchmesser ist. Der Unterschied zwischen den Abständen des Jupiter von der Erde in Conjunction und in Opposition ist also T A, oder gleich 2 mal 20 Millionen Meilen, d. h. dem Doppelten des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne.

Ich will noch eine Bemerkung beifügen, die uns sehr nützlich sein wird; die Zeit, welche der Jupiter gebraucht, um von der Conjunction zur Opposition zu gelangen, ist genau derjenigen gleich, welche er zu seinem Laufe von der Opposition zur Conjunction bedarf. Da nun die wahre Umlaufszeit des Mondes stets dieselbe ist, so werden zwischen der Conjunction und Opposition genau eben so viele Eintritte als zwischen der Opposition und Conjunction Austritte erfolgen. Kennt man übrigens alle Umstände in der Bewegung eines Mondes um seinen Hauptplaneten, so kann man aus der Beobachtung des Zeitpunktes eines sichtbaren Eintrittes leicht mit Genauigkeit den Augenblick des unmittelbar darauf folgenden nicht sichtbaren Austrittes herleiten, und ebenso umgekehrt.

Viertes Kapitel.

Populäres Beispiel zur Verdeutlichung der Betrachtungen, welche von der Beobachtung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes geführt haben.

Um mit vollständiger Klarheit die Betrachtungen darzulegen, welche zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes geführt haben, werde ich zuerst ein populäres Beispiel wählen.

Gesetzt in Orleans habe irgend ein Ereigniß stattgefunden, und in demselben Augenblicke sei ein Courier abgesandt worden, um die Nachricht nach Paris zu bringen.

Die Zeit der Ankunft jener Nachricht in Paris wird gleich sein der Zeit, wo das Ereigniß in Orleans eintrat, vermehrt um die Anzahl von Stunden, Minuten und Secunden, in welchen der Cou-

nen die Reiſe durch den beide Städte trennenden Zwiſchenraum zurücklegt.

Ein zweites Ereigniß trete ebenfalls zu Orleans am nächſtfolgenden, drittfolgenden oder irgend einem beliebigen Tage ein. Ich ſetze voraus, daß der Courier, welcher die Nachricht nach Paris überbringt, ſtets genau mit derſelben Geſchwindigkeit, als der erſte, alſo weder ſchneller noch langſamer reiſt.

Die Zeit, zu welcher man dieſe zweite Nachricht in Paris erfährt, wird offenbar wieder gleich ſein der Zeit, wo das Ereigniß eintrat, vermehrt um die Anzahl Stunden, Minuten und Secunden, welche der zweite oder, was auf daſſelbe herauskommt, der erſte Courier gebraucht hat, um die Entfernung zwiſchen beiden Städten zurückzulegen.

Um den wahren Zeitpunkt für das Eintreten jedes Ereigniſſes zu erhalten, würde man alſo die Anzahl Stunden, Minuten und Secunden wiſſen müſſen, welche der Courier zu ſeiner Reiſe gebraucht hat, und dieſelben von den in Tagen, Stunden, Minuten und Secunden ausgedrückten Zeiten für das Anlangen der erſten und zweiten Nachricht in Paris abziehen. Andererſeits bemerke ich, daß jede Kenntniß der Geſchwindigkeit des Couriers völlig unnütz iſt, wenn man, anſtatt des wirklichen Zeitpunktes jedes der beiden Ereigniſſe, nur wiſſen will, wie viel Zeit zwiſchen dem erſten und zweiten verfloſſen iſt.

Wenn die wahren Zeiten der Ereigniſſe bekannt wären, ſo würde man die kleinere Zahl von der größeren abziehen, und damit wäre Alles fertig. Die Zeiten der Ankunft der Couriere ſind jene wahren Zeiten, vermehrt um eine und dieſelbe Größe. Nun ändert ſich aber der Unterſchied zweier Zahlen nicht, wenn beide um eine und dieſelbe Größe vermehrt werden. Wir können daher auch den wirklich zwiſchen den beiden Ereigniſſen verfloſſenen Zeitraum berechnen, wenn wir einfach von der Zeit der Ankunft des zweiten Couriers in Paris die Zeit der Ankunft des erſten abziehen.

Für die Genauigkeit dieſes Reſultates iſt nur erforderlich, aber auch hinreichend, daß beide Couriere mit gleicher Geſchwindigkeit gereiſt ſind und denſelben Weg zurückzulegen gehabt haben. Daher iſt es nicht nothwendig, daß beide Ereigniſſe in derſelben Stadt vorgefallen ſind; die Rechnung wird offenbar ebenſo richtig bleiben, wenn

man sie auf in zwei verschiedenen Städten vorgefallene Ereignisse anwendet, vorausgesetzt, daß diese beiden Städte von Paris gleich weit entfernt sind.

Wir gehen jetzt zu dem Falle über, wo die beiden Couriere ungleich lange Wege zurückzulegen haben, um nach Paris zu kommen, wo also die Ereignisse, deren Nachrichten sie überbringen, nicht in zwei gleich weit von Paris entfernten Städten vorgefallen sind. Um von einem bestimmten Falle auszugehen, wollen wir Orleans und Bourges wählen, und dieselben als auf einer von Paris ausgehenden graden Linie gelegen annehmen.

Das erste Ereigniß möge in der Paris näheren Stadt, also in Orleans, das zweite in der entfernteren, also in Bourges vorgefallen sein. Hätte der von letzterer Stadt ausgegangene Courier dieselbe Zeit gebraucht, um nach Paris zu kommen, als der von Orleans abgesandte, so würden wir, wie kurz zuvor, die wirklich zwischen beiden Ereignissen verflossene Zeit erhalten, wenn wir die Zeit der Ankunft des Couriers aus Orleans von der Zeit der Ankunft des Couriers aus Bourges abzögen. Aber der Courier aus Bourges ist später, als eben angenommen, und zwar um die ganze Zeit, welche er zur Reise von Bourges nach Orleans gebraucht hat, in Paris angelangt. Die bezeichnete Subtraction gibt folglich die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Ereignissen, vermehrt um die Zeit, welche der Courier für die Entfernung von Bourges nach Orleans, d. h. von der entfernteren Stadt zur nähern verbraucht hat.

Wäre das zweite Ereigniß in der Paris näher gelegenen Stadt eingetreten, so würde man von der Zeit der Ankunft des Couriers aus Orleans die Zeit der Ankunft des Couriers aus Bourges abziehen müssen. Aber dies Mal würde die abzuziehende Zahl um die ganze Dauer der Reise des Couriers von Bourges nach Orleans zu groß sein. Die Subtraction einer zu großen Zahl liefert eine zu kleine Differenz. Zieht man also die Zeit der Ankunft des Couriers aus Bourges von der Zeit der Ankunft des Couriers aus Orleans ab, so erhält man die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Ereignissen vermindert um die Zeit, welche der Courier zum Zurücklegen der Entfernung zwischen beiden Städten verbraucht hat.

Nehmen wir endlich an, wir wüßten aus der Beſchaffenheit der Vorfälle ſelbſt, daß die wahre Zwiſchenzeit zwiſchen den beiden erſten Ereigniſſen der wahren Zwiſchenzeit zwiſchen den beiden andern genau gleich wäre. Von den beiden auf angegebene Weiſe aus den Zeiten der Ankunft jener vier Couriere durch Subtraction hergeleiteten Differenzen wird die eine größer, die andere kleiner ſein als die wahre Zwiſchenzeit beider Ereigniſſe, und zwar um dieſelbe Größe, die nichts Anderes iſt, als die Zeit zur Reiſe von Bourges nach Orleans.

Fünftes Kapitel.

Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Lichtes durch die Verfinſterungen der Jupitersmonde.

Kehren wir jetzt zu den Jupitersmonden zurück, um die im Vorhergehenden erläuterten Sätze auf die Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Lichtes anzuwenden.

Die zu vergleichenden Erſcheinungen ſind zunächſt der Eintritt eines Mondes am Tage der Conjunction und ein darauf folgender Eintritt am Tage der Oppoſition.

Bei einer zweiten Vergleichung werden wir als erſtes Ereigniß den Austritt am Tage der Oppoſition und als zweites den entſprechenden am Tage der Conjunction wählen.

Der Courier, welcher im erſten Falle die eine Nachricht überbringt, iſt der Lichtſtrahl, welcher von J (Fig. 335) ausgehend nach A gelangt; der zweite Courier iſt derjenige, welcher von J''' ausgehend ebenfalls nach A gelangt.

Im zweiten Falle hat der eine Courier oder Lichtſtrahl den Raum J T zu durchlaufen, um die Nachricht vom Austritte nach T zu bringen, und der zweite den Raum J''' T, um die Nachricht von dem zweiten Austritte nach T zu tragen.

Da der Zeitraum zwiſchen den J und J''' entſprechenden Eintritten in Wirklichkeit derſelbe iſt, wie zwiſchen den J und J''' entſprechenden Austritten, ſo muß zwiſchen dieſen beiden Zeiträumen eine Differenz ſtattfinden, die der doppelten Zeit gleich iſt, welche der Licht-

courier zum Durchlaufen des Unterſchiedes der beiden Entfernungen T J und TJ''' gebraucht hat, d. h. gleich der doppelten Zeit, welche das Licht bedarf, um den Raum T A zurückzulegen. Es iſt, wie man ſieht, Punkt für Punkt eine Anwendung der frühern Reſultate, als wir die durch zwei von Orleans und Bourges ausgegangene Couriere überbrachten Nachrichten miteinander verglichen.

Iſt die Differenz zwiſchen den beiden zuvor erwähnten Zeitintervallen merklich und übertrifft ſie die Beobachtungsfehler?

Auf dieſe Frage kann ich antworten, daß jener Unterſchied beträchtlich iſt, und bis 33 Min. 4 Sec. ſteigt. Das Licht gebraucht alſo

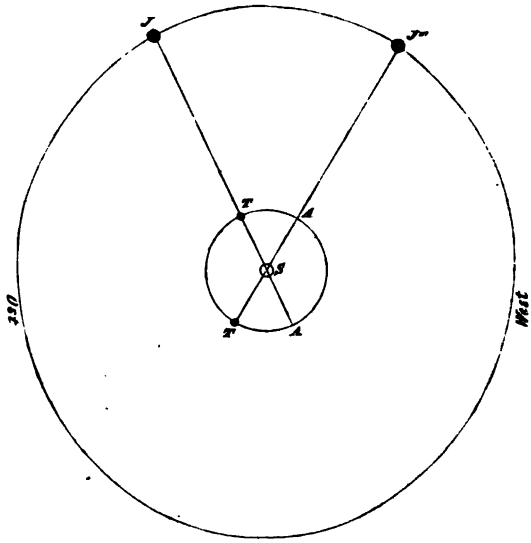


Fig. 335. — Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Lichtes durch die Verfinſterungen der Jupitersmonde.

16 Minuten 32 Secunden, um den ganzen Durchmeſſer der Erdbahn zu durchlaufen, folglich 8 Minuten 16 Secunden, um die Hälfte dieſes Raumes zurückzulegen oder von der Sonne zur Erde zu gelangen.

Die Richtigkeit der gegebenen Erklärung wird durch Folgendes noch weiter beſtätigt.

Wenn die Geſchwindigkeit des Lichtes nicht unendlich groß iſt, ſo

wächſt die zwiſchen zwei Ein- oder zwei Austritten des erſten Jupitersmondes liegende Zeit, wenn Jupiter ſich von der Erde entfernt; dagegen wird ſie geringer, während er ſich derſelben nähert, und zwar in beiden Fällen um diejenige Zeit, welche das Licht gebraucht, um den Raum, um welchen der Planet ſich der Erde genähert oder von ihr entfernt hat, zu durchlaufen. Die Größe, um welche ſich Jupiter auf ſeinem Wege von der Conjunction bis zur Oppoſition der Erde nähert, und andererſeits von der Oppoſition bis zur Conjunction während des ſynodiſchen Umlaufs eines Mondes wieder von ihr entfernt, iſt leicht zu berechnen; man kann daher an dieſe Umläufe die Correction anbringen, welche von der Geſchwindigkeit des Lichtes abhängt, unter der Annahme, daß letzteres 8 Minuten 16 Secunden zu ſeiner Fortpflanzung von der Sonne bis zur Erde nöthig hat.

Nach Anbringung dieſer Correction ergeben ſich die ſynodiſchen Umlaufszeiten der Jupitersmonde genau gleich; dieſe vollkommene Gleichheit rechtfertigt die von uns aufgeſtellte Erklärung, zeigt aber auch ferner, daß das Licht innerhalb des ganzen Raumes, welchen die Jupitersbahn einſchließt, ſich mit gleichförmiger Geſchwindigkeit fortpflanzt.

Sechſtes Kapitel.

Geſchichtliches über die Entdeckung der Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Lichtes.

Die Beſtimmung der ungemein großen Geſchwindigkeit, mit welcher ſich das Licht durch den Raum bewegt, gehört zu den ſchönſten Reſultaten der neuern Aſtronomie. Im Alterthume wurde dieſe Geſchwindigkeit für unendlich groß gehalten, eine Anſicht, welche auch Descartes im 17. Jahrhundert noch theilte. Der Gedanke, daß das Licht zu ſeiner Fortpflanzung eine gewiſſe Zeit gebrauche, findet ſich in dem zweiten Buche des Novum organum von Franz Baco ausgeſprochen.

Die verſchiedenen Beſtimmungen der Aſtronomen wichen übrigens lange Zeit ſehr von einander ab. Duhamel gab ungefähr eine Viertelſtunde für die Zeit an, welche das Licht zum Durchlaufen des mitt-

leren Erdbahnhalbmeſſers gebraucht; Horrebow fand 14 Min. 7 Sec., Caſſini 14 Min. 10 Sec., Newton 7 Min. 30 Sec., Delambre 8 Min. 13 Sec. Die von mir angenommene Zeit von 8 Min. 16 Sec., welche das Licht gebraucht, um eine Entfernung von 20644000 Meilen zurückzulegen, entſpricht einer Geſchwindigkeit von 41622 Meilen in der Secunde.

Die eigentliche Entdeckung der Meßbarkeit dieſer Geſchwindigkeit wurde 1675 von Römer gemacht, der einen angenäherten Werth für die Zeit berechnete, welche das von dem erſten Jupitersmonde reflectirte Licht gebraucht, um bis zu uns zu gelangen.

Beim Studium der Geſchichte der Aſtronomie ſieht man mit Erſtaunen, daß J. Dom. Caſſini, der anfangs gemeinſchaftlich mit Römer die allmäliche Fortpflanzung des Lichtes angenommen hatte, um die in der Nähe der Oppoſition beobachteten Verfinſterungen mit den um die Conjunction beobachteten in Uebereinſtimmung zu bringen, dieſe Anſicht ſpäter wieder aufgegeben hat. Zur Rechtfertigung des großen Aſtronomen muß ich aber bemerken, daß allein der ſynodiſche Umlauf des erſten Mondes die durch die Theorie angezeigte Gleichförmigkeit beſaß, während die Verfinſterungen der übrigen Monde wegen der Langſamkeit ihrer Bewegung und ihres Durchganges durch den Schattenkegel nicht mit der erforderlichen Genauigkeit beobachtet waren [1]).

Siebentes Kapitel.

Aberration der Fixſterne.

Alle Fixſterne erleiden jährliche Verrückungen, die von der Stellung der Erde in ihrer Bahn und von der Lage dieſer Sterne gegen die Ekliptik abhängen. Dieſe Verrückungen ſtehen nach ſehr merkwürdigen mathematiſchen Geſetzen mit einander in Beziehung. Ein am Pole der Ekliptik befindlicher Fixſtern ſcheint alljährlich, d. h. genau während eines Umlaufs der Erde um die Sonne, einen kleinen Kreis von 20″44 Halbmeſſer zu beſchreiben.

Nimmt man die Ekliptik und dieſen kleinen Kreis in 360 einander entſprechende Grade getheilt an, ſo wird der Stern ſtets 90°

von dem Orte, welchen die Erde einnimmt, abſtehen. Wenn alſo die Erde ſich auf 0° in ihrer Bahn befindet, ſo liegt der Stern auf dem 90. Grade der Curve, welche er zu beſchreiben ſcheint. Steht die Erde auf dem 90. Grade der Ekliptik, ſo erſcheint der Stern auf dem 180. Grade ſeiner kleinen jährlichen Bahn, u. ſ. f.

Betrachten wir jetzt einen nicht mehr am Pole, ſondern in der Ebene der Ekliptik ſelbſt befindlichen Stern, ſo wird ein ſolcher in einer graden Linie zu oſcilliren ſcheinen, welche ganz in jene Ebene fällt und eine Länge von 40″88 beſitzt.

In den zwei um ſechs Monate von einander abſtehenden Zeitpunkten, wo die Erde ſich grade auf den Stern zu oder von ihm ab zu bewegen ſcheint, ſteht der Stern in der Mitte dieſer kleinen graden Linie von 40″88 ſcheinbarer Länge.

Die größten Elongationen dagegen, 20″44 nach rechts oder links von jenem Mittelpunkte, treten zu den Zeiten ein, wo die Erde bei ihrem Umlaufe um die Sonne die Endpunkte desjenigen Durchmeſſers ihrer Bahn erreicht, deſſen Verlängerung durch den Stern gehen würde.

Unterſuchen wir nun ſchließlich noch die Erſcheinungen bei ſolchen Sternen, welche zwiſchen der Ekliptik und ihrem Pole liegen. Jeder derſelben beſchreibt eine Ellipſe, die um ſo mehr abgeplattet iſt, je näher er der Ebene der Ekliptik ſteht, dagegen um ſo mehr einem Kreiſe gleicht, je näher er dem Pole der Ekliptik liegt. Die große Axe aller dieſer Ellipſen beträgt unveränderlich 40″88.

Aus dem Umſtande, daß die Fixſterne verſchiedene krumme Linien beſchreiben, deren große Axen verſchiedene Richtungen beſitzen, folgt in aller Strenge, daß ihre Winkelabſtände von einander ſich continuirlich während einer Periode von $365^1/_2$ Tagen ändern, und daß nach Verlauf eines Jahres Alles in den anfänglichen Zuſtand wieder zurückgekehrt iſt.

Auf ſehr ſcharfſinnige Weiſe ſind dieſe jährlichen Verrückungen ſowohl in Betreff ihrer numeriſchen Werthe als auch der Richtungen, nach welchen ſie erfolgen, durch die vereinte Wirkung der Bewegung der Erde und des Lichtes erklärt worden. Man belegt dieſelben mit dem Namen der Aberration.

Achtes Kapitel.

Theorie der Aberration.

Um die Erklärung der Aberration leichter verſtändlich zu machen, will ich von einem populären Beiſpiele ausgehen.

Es ſei C D Fig. 336 eine Röhre, die an ihrem obern Ende durch eine dünne Metallplatte mit einer ſehr kleinen Oeffnung A in ihrem

Fig. 336. — Erklärung der Aberration im Falle zweier aufeinander ſenkrechten Bewegungen

Fig. 337. — Erklärung der Aberration im Falle ſchief gegen einander gerichteter Bewegungen.

Mittelpunkte verſchloſſen iſt, und in deren unterem Ende ſich eine kleine undurchſichtige Platte B von der Größe der Oeffnung A befindet, welche durch einige an den Seiten der Röhre endigende Querſtäbe in ihrer Lage erhalten wird. Es werde endlich ein kleiner Körper durch die Oeffnung A in das Innere der Röhre geſchleudert, und wir ſtellen nun die Frage, welche Richtung muß die Röhre haben, damit jener kleine Kör-

per bei ſeiner Ankunft an dem untern Ende der Röhre durch die kleine Platte B aufgehalten werde? Wir müſſen hier mehrere Fälle betrachten.

Wir wollen erſtens annehmen, daß die Röhre ruhe und das Molecül ſich vertical abwärts bewege, daß daſſelbe z. B. ein bei vollkommen ruhiger Luft herabfallender Regentropfen ſei. Es leuchtet ein, daß zur Erfüllung der aufgeſtellten Bedingung, derſelbe ſolle die Platte B treffen, die Linie A B vertical ſtehen muß; nur dann wird der kleine Körper, welcher durch die Oeffnung A der oberen Platte eingedrungen iſt, bei ſeiner Ankunft am unteren Ende der Röhre auf B fallen, und zwar ohne bei ſeiner abſteigenden Bewegung die Linie A B zu verlaſſen. In dieſem Falle gibt alſo die Are der Röhre die Richtung A B an, in welcher der Körper dieſelbe durchlaufen hat. Dies kann jedoch nicht mehr ſtattfinden, wenn die Röhre ſelbſt eine Translationsbewegung beſitzt, und die Geſchwindigkeit derſelben im Verhältniß zu der Geſchwindigkeit des eindringenden Körperchens nicht vernachläſſigt werden darf.

Setzen wir zunächſt, dieſe Translationsbewegung der Röhre erfolge von links nach rechts, und zwar dergeſtalt, daß keiner ihrer Punkte aus einer auf A B ſenkrechten Linie heraustrete. Machen wir ferner die Annahme, daß während der Zeit, die das Molecül gebraucht, um den verticalen Abſtand A B zu durchlaufen, die untere Platte in der Röhre, und damit alſo auch der Punkt B um die kleine Größe B B′ verrücke: dann wird das Molecül bei ſeiner Ankunft am untern Ende der Röhre auf einen Punkt B″ treffen, der in Bezug auf die Röhre betrachtet links von B liegt, ſo daß B B″ = B B′ iſt; es wird nicht mehr durch die Platte B aufgehalten, der es nicht mehr begegnet; damit letztere wieder getroffen werde, muß ſie nicht mehr in der Verticale A B, ſondern in der Linie A B″ angebracht werden, wo A B ſich verhält zu B B″, wie die Geſchwindigkeit des fallenden Molecüls zu der ſenkrecht gegen A B gemeſſenen Geſchwindigkeit eines jeden Punktes der Röhre.

Die Linie A B″, welche die Bedingung erfüllt, daß das durch die Oeffnung A in die Röhre eingetretene Molecül von der in B″ be-

findlichen Platte aufgefangen wird, würde aber im vorliegenden Falle durchaus nicht die Richtung des Falles des Molecüles bezeichnen.

Geſetzt jeder Punkt der Röhre bewege ſich mit der vorhergehenden Geſchwindigkeit, aber nicht mehr ſenkrecht auf A B, ſondern in einer ſchiefen, mit der Linie B E (Fig. 337) parallelen Richtung. Soll in dieſem Falle das durch die Oeffnung A eingetretene Molecül von der Platte B, welche nach E gelangt ſein würde, aufgefangen werden, ſo darf dieſe Platte ſich urſprünglich nicht auf der Linie A B befinden, ſondern muß in einem links von derſelben gelegenen Punkte B′ liegen, ſo daß die beiden Seiten A B und B B′ des Dreiecks A B B′ ſich zu einander verhalten wie die Geſchwindigkeit des Molecüls zu der Geſchwindigkeit des Punktes B; dann allein wird das Molecül bei ſeiner Ankunft am untern Ende der Röhre die Platte B treffen.

Man überſehe nicht, daß der Winkel B A B′, den wir ſoeben für den Fall der ſchiefwinkligen Bewegung der Röhre beſtimmt haben, bei gleichen Geſchwindigkeiten kleiner iſt als der Winkel bei der auf die Linie A B ſenkrechten Bewegung der Röhre; denn dieſer letztere Winkel würde, wie wir zuvor geſehen haben, erhalten werden, wenn man auf A B durch den Punkt B eine Senkrechte errichtete, und auf dieſer einen von A B um die Größe B E entfernten Punkt R nähme; durch dieſe Conſtruction käme aber R links von B′ zu liegen.

Einen Fall gibt es, außer dem ſchon betrachteten der abſoluten Ruhe der Röhre, in welchem die verticale Linie A B die Eigenſchaft beſitzen würde, daß das durch A eingetretene Molecül die an ihrem untern Ende befindliche kleine Platte träfe: es iſt derjenige, wo die Röhre ſich mit einer beliebigen Geſchwindigkeit genau in der Richtung von B A bewegt.

Alles was wir bisher von einem durch die Oeffnung A eintretenden, und die untere Marke B treffenden Molecüle geſagt haben, wird ſich ohne Weiteres auf den Fall anwenden laſſen, wo wir einen Stern durch ein Fernrohr beobachten. Das herabfallende materielle Molecül verwandelt ſich dann in ein von dem Sterne ausgegangenes Lichtmolecül; die Oeffnung A wird der optiſche Mittelpunkt des Objectivs, und die Platte B endlich wird gebildet durch den Kreuzungspunkt der beiden im Brennpunkte des Objectivs angebrachten dunklen

Fäden, hinter welchem das beobachtete Bild des Sterns ſich ſtellt und ſelbſt bisweilen verſchwindet.

Die rings um den optiſchen Mittelpunkt des Objectivs auffallenden Strahlen dienen nur die Intenſität des Bildes zu vergrößern, ohne die Richtigkeit der zuvor aufgeſtellten Vergleichung zwiſchen der Röhre und dem Fernrohre irgend zu ſtören.

Wir müſſen nun ſehen, ob das Verhältniß zwiſchen der Geſchwindigkeit der Erde und der Geſchwindigkeit des Lichtes groß genug iſt, um für das Maximum des Effects eine merkliche Abweichung der Linie A B von der Richtung nach dem Sterne zu bewirken.

Da die Erde ein Planet iſt, ſo durchläuft ſie alljährlich eine nahe kreisförmige Bahn, deren Radius 20 Millionen Meilen iſt, und deren Umfang alſo gegen 130 Millionen Meilen beträgt. Theilt man dieſe Zahl durch die Anzahl der Secunden, welche ein Jahr enthält, ſo findet man, daß die Erde in einer Secunde 4,1 Meilen durchläuft, während das Licht in derſelben Zeit 41600 Meilen zurücklegt. Die Geſchwindigkeit der Erde iſt ſonach der zehntauſendſte Theil von der Geſchwindigkeit des Lichtes. Mit Bezug auf Fig. 336, wo die Linie A B ſenkrecht auf B B″ ſteht, würden wir erhalten A B : B B″ = 10000 : 1. Durch trigonometriſche Rechnung oder eine einfache graphiſche Conſtruction folgt daraus der Winkel B″ A B gleich 20″44.

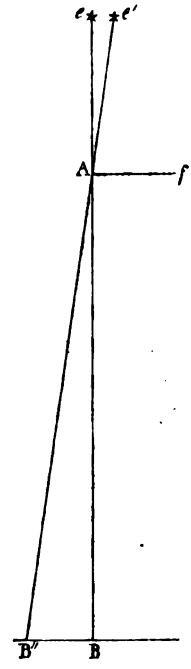


Fig. 338. — Einfluß der Verbindung der Geſchwindigkeit des Lichtes mit der Geſchwindigkeit der Erde auf den ſcheinbaren Ort der Fixſterne.

Die eben erläuterte ſchöne Theorie verdanken wir Bradley.

Wie man ſieht, ergibt ſich aus allem Bisherigen, daß wenn die Erde ſich bewegt, die Linie A B (Fig. 338) oder die optiſche Are des Fernrohrs nicht die Richtung bezeichnet, in welcher von einem Sterne e die Lichtſtrahlen zu uns gelangen. Man bemerkt ſogar, daß in dem

Falle, wo die Lichtſtrahlen ſenkrecht auf die Richtung A f, in welcher die Erde ſich bewegt, zu uns kommen, der Stern e, wie man aus der Richtung der Linie A B'' ſchließen muß, in e', alſo 20″44 weiter vorgerückt als ſein wirklicher Ort, erſcheinen wird, gewiſſermaßen als ob die Bewegung der Erde ihn in der Richtung ihrer Bewegung vorwärts gedrängt hätte.

Wenn die Erde, auf unſere Ekliptik bezogen, von Norden nach Süden vorrückt, ſo wird der Stern ſüdlich von ſeinem wahren Orte erſcheinen, dagegen nördlich von demſelben, wenn die Erde nach ſechs Monaten ſich von Süden nach Norden bewegt. Betrachten wir die Erde, während ſie von Weſten nach Oſten geht, ſo wird der Stern öſtlich von ſeinem wahren Orte erſcheinen, dagegen weſtlich, wenn nach ſechs Monaten eine Bewegung von Oſten nach Weſten eintritt.

Erinnern wir uns jetzt, wie aus vielen im Frühern erwähnten Beobachtungen hervorgeht, daß die Dimenſionen der Erdbahn im Vergleich zu dem Abſtande der Fixſterne verſchwindend klein ſind, ſo daß alle auf den verſchiedenen Punkten, die unſere Erde nach und nach in ihrer Bahn einnimmt, beobachteten Erſcheinungen genau dieſelben ſind, wie ſie ein im Mittelpunkte der Ekliptik ſtehender Beobachter erblicken würde. Nehmen wir nun an, ein Aſtronom befinde ſich an dieſem Mittelpunkte, und beobachte einen in der Senkrechten auf der Ebene der Erdbahn, d. h. im Pole der Ekliptik ſtehenden Stern. Zufolge der Aberrationsbewegung wird der Stern, wenn die Erde ſich von Norden nach Süden bewegt, 20″44 ſüdlich von ſeinem wahren Orte ſtehen; ebenſo 20″44 nördlich, wenn die Erde von Süden nach Norden geht; und um dieſelbe Größe öſtlich oder weſtlich, wenn die Erde von Weſt nach Oſt oder von Oſt nach Weſt fortrückt. Ganz dieſelben Schlüſſe finden auf alle übrigen verſchiedenen Richtungen, in welchen ſich die Erde im Zeitraume eines Jahres bewegt, Anwendung. Es iſt klar, daß eine durch alle ſcheinbaren Orte des Sternes gelegte krumme Linie ein Kreis ſein muß, deſſen Mittelpunkt der Pol der Ekliptik iſt und deſſen Halbmeſſer 20″44 beträgt. Theilt man dieſen Kreis, ſo wie denjenigen, welchen die Erde in der Ebene der Ekliptik durchläuft, in 360 Grade, die ſich in der Weiſe entſprechen, daß die analogen Theilpunkte auf einer Reihe von Ebenen

liegen, die auf der Ebene der Ekliptik ſenkrecht ſtehen und durch die Pollinie gehen, was alſo erreicht würde, wenn man durch die im Pole der Ekliptik endigende Linie und durch die beiden Theilungen 360 Ebenen legte: ſo leuchtet ein, daß der ſcheinbare Ort des Sternes auf dem Umfange des Kreiſes, den er jährlich zu durchlaufen ſcheint, ſtets 90° von der Stelle, welche die Erde in ihrer Bahn einnimmt, abweichen wird.

Dies iſt aber genau eines der von Bradley aus ſeinen bewundernswürdigen Beobachtungen hergeleiteten Erfahrungsgeſetze; und die Uebereinſtimmung würde nicht weniger vollkommen ſein, wenn wir anſtatt eines Sternes am Pole der Ekliptik einen in der Ekliptik oder in irgend einer andern intermediären Lage befindlichen Stern gewählt hätten.

Vielleicht wird man die Frage aufwerfen, wie man den wahren Ort eines Sternes erfährt? Derſelbe liegt unveränderlich in der Mitte zwiſchen zwei diametral entgegengeſetzten Lagen; da der größte Durchmeſſer der ſcheinbaren Bahnen 40″88 beträgt, ſo ſteht der wahre Ort des Sternes 20″44 von einem der beiden Enden ab.

Neuntes Kapitel.

Geſchichtliches über die Entdeckung der Aberration.

Meines Wiſſens hat Picard zuerſt bemerkt, daß ein Stern, der Polarſtern, kleine Verrückungen, die eine Periode von einem Jahre zeigten, und der jährlichen Parallaxe nicht zugeſchrieben werden konnten, erlitt; indeß hat Bradley das Verdienſt bewieſen zu haben, daß alle Sterne ähnliche Bewegungen zeigen, und ihm gebührt zugleich die ganz außerordentliche Ehre der Entdeckung der Geſetze und der phyſiſchen Gründe derſelben[2]).

Die Aberration und ihre Erklärung gehört unſtreitig zu den ſchönſten Entdeckungen, deren die neuere Aſtronomie ſich rühmen kann.

Bei der Erklärung der Aberration bedienen ſich einige Schriftſteller, unter Andern Euler, der Zuſammenſetzung der Bewegungen, welche im Auge vorgehen. Die von einem Sterne ausgegangenen

Lichtstrahlen, sagen sie, treffen das Auge des Beobachters in einer Linie, welche dasselbe mit dem Sterne verbindet; da aber das Auge nicht in Ruhe ist, sondern in der Richtung der Tangente an die Erdbahn fortrückt, so wird die Einwirkung der Lichtstrahlen dadurch geändert; die Linie, in deren Verlängerung der Stern erscheint, wird erhalten durch die Zusammensetzung beider Bewegungen, wie wir eine solche Construction bezüglich der Richtung des Stoßes beim Zusammentreffen der Körper ausführen.

Diese Art und Weise, den Aberrationswinkel mittelst des Parallelogrammes der Kräfte zu bestimmen, entspricht aber nicht dem Gesichtspunkte, unter welchem Bradley das Phänomen betrachtete. Man erzählt sogar, daß er es sehr mißfällig aufgenommen habe, als ihm Jemand diese Erklärung mittheilte, und andeutete, daß die Geschwindigkeit, welche man mit der Geschwindigkeit der Erde zusammensetzen müsse, um den Winkel zu finden, unter welchem die Netzhaut den Eindruck der Lichtstrahlen zu empfangen scheine, nicht die Geschwindigkeit des Lichtes im Raume, sondern diejenige Geschwindigkeit sei, mit welcher das Licht sich in den Flüssigkeiten des Auges bewege; was die Uebereinstimmung vernichten würde, welche der berühmte Astronom zwischen dem größten aus seinen Beobachtungen hergeleiteten Aberrationswinkel und demjenigen, welcher aus der von Römer mittelst der Verfinsterungen des ersten Jupiterstrabanten erhaltenen Geschwindigkeit des Lichtes folgt, gefunden hatte. Ich führe diese Bemerkung hier nur an, um zu zeigen, wie sehr man Unrecht thut, aus der Theorie des Stoßes entlehnte Betrachtungen an die Stelle der sehr einfachen Erklärung zu setzen, welche wir von dem Phänomen gegeben haben, und die übrigens fast nur eine getreue Wiederholung der von Bradley selbst in seinen unsterblichen Abhandlungen in den Philosophical Transactions und später von Clairaut gelieferten Darstellung ist[3]).

Die in Rede stehenden Bewegungen der Fixsterne sind Aberration genannt worden, weil die Sterne, welche sie zeigen, nach Fontenelle's Ausdruck nach der einen und der andern Seite abzuirren scheinen.

Zehntes Kapitel.

Gleichheit der Geſchwindigkeit des von verſchiedenen Körpern ausgehenden Lichtes.

Aus der Erklärung desjenigen Phänomens an den Fixſternen, mit welchem wir uns in dieſem Buche beſchäftigt haben, ergibt ſich, daß wenn die von zwei Sternen ausgegangenen Lichtſtrahlen verſchiedene Geſchwindigkeiten beſäßen, die ſcheinbaren von dieſen Sternen jährlich beſchriebenen Bahnen nicht gleiche Amplituden haben, oder mit andern Worten der größte Durchmeſſer dieſer Bahnen nicht mehr 40″88 betragen würde. Eine Abweichung zwiſchen den beobachteten Aberrationen zweier Sterne wäre alſo ein ſicheres Zeichen einer Differenz zwiſchen den Geſchwindigkeiten der von ihnen ausgegangenen Lichtſtrahlen. Unglücklicherweiſe geſtattet dieſes Prüfungsmittel keine ſehr große Genauigkeit; denn es müßte die Geſchwindigkeit der Strahlen des erſten Sternes die Geſchwindigkeit der von dem zweiten ausgehenden Strahlen um $^1/_{20}$ übertreffen, damit wenn die Aberration dieſes letztern 20 wäre, die des erſtern auf 19 reducirt würde. Da die allgemeine Aberration 20″4 beträgt, ſo würde eine Differenz von $^1/_{10}$ Secunde, d. h. $^1/_{204}$ Unterſchied zwiſchen beiden Aberrationen, nur auf einen Unterſchied von $^1/_{204}$ zwiſchen den reſpectiven Geſchwindigkeiten der von den verglichenen Sternen ausgegangenen Lichtſtrahlen hinweiſen.

Vor einem halben Jahrhundert habe ich ſelbſt durch directe Verſuche über die Ablenkungen, welche die Lichtſtrahlen beim Durchgange durch durchſichtige Körper erleiden, gezeigt, daß das von verſchiedenen Fixſternen, der Sonne, dem Monde, den Planeten und mannigfachen irdiſchen Quellen kommende Licht ſich mit gleicher Geſchwindigkeit bewegt, oder daß wenigſtens die Unterſchiede, wenn ſolche überhaupt exiſtiren, in keiner Weiſe die Genauigkeit der aſtronomiſchen Beobachtungen beeinträchtigen, bei welchen die Gleichheit der Geſchwindigkeit angenommen wird.

Einige Aſtronomen haben in der Beſtimmung des Werthes der Aberration der Fixſterne eine größere Genauigkeit als bis auf $^1/_{10}$ Secunde zu erreichen geglaubt; auch haben ſie aus Abweichungen von

dieſer Größe, welche die Beobachtung geliefert hatte, den Schluß gezogen, daß es verſchiedene Fixſterne gäbe, deren zu uns gelangende Lichtſtrahlen in ihren Geſchwindigkeiten um mehr als $^1/_{204}$ abwichen. Ich werde ſogleich ein Mittel anzeigen, um dieſe Schlußfolgerung durch einen indirecten aber entſcheidenden Verſuch der Prüfung zu unterwerfen [4]).

Da die Aberration von der Geſchwindigkeit des Lichtes abhängt, ſo leuchtet ein, daß wenn die verſchiedenfarbigen Lichtſtrahlen, aus denen das weiße Licht beſteht, ſich mit ungleichen Geſchwindigkeiten fortpflanzten, jeder dieſer Strahlen eine eigenthümliche Aberration erleiden müßte, die ihn von den übrigen trennte; einem kleinen prismatiſchen Spectrum ähnlich würde der Stern in einer der Fortbewegung der Erde parallelen Richtung ſtets etwas verlängert erſcheinen. Vergeſſen wir aber nicht, daß ein Unterſchied in der Geſchwindigkeit von $^1/_{20}$ zwiſchen den rothen und violetten Strahlen erfordert wird, damit das Spectrum die Länge von nur einer Secunde erhält, und daß die Beſtimmung einer ſo kleinen Größe nicht ohne Schwierigkeiten iſt. Uebrigens habe ich früher durch die Betrachtung der veränderlichen Sterne bewieſen, daß man zuverläſſig annehmen kann, daß die verſchiedenfarbigen Lichtſtrahlen ſich in den Himmelsräumen mit gleicher Geſchwindigkeit fortpflanzen (Bd. 11, S. 350).

Elftes Kapitel.

Aberration der Planeten.

Da das von Bradley entdeckte und erklärte Aberrationsphänomen der Fixſterne, wie wir geſehen haben, durch die Zuſammenſetzung der Bewegung der Erde und der Bewegung des Lichtes in dem Augenblicke, wo letzteres in das Fernrohr eintritt, erzeugt wird, ſo unterliegt es keinem Zweifel, daß die Aberration bei dem von einem Planeten reflectirten Lichte grade ebenſo ſtatt finden muß, als bei dem direct von einem Fixſterne ausgegangenen, weil beide Arten von Lichtſtrahlen dieſelbe Geſchwindigkeit beſitzen; ſonach werden alſo die Oerter der Planeten von der Aberration nach denſelben Geſetzen geändert, als die Oerter der in derſelben Richtung ſtehenden Fixſterne.

Es gibt aber noch eine andere Urſache, welche die Oerter der Planeten ändert, und die man mit Unrecht als von der durch Bradley entdeckten Aberration abhängig betrachtet hat; ich will dieſelbe mit wenigen Worten bezeichen. Ein Planet, der in einem gewiſſen Augenblick einen beſtimmten Ort im Raume einnimmt, ſendet nach der Erde hin einen Lichtſtrahl. Da dieſer Strahl ſich in grader Linie bewegt, ſo beſitzt er, wenn er in das Auge des Beobachters gelangt, die Richtung nach dem Orte, welchen der Planet im Augenblicke des Ausſendens des Strahles einnahm. Nun hat der letztere eine gewiſſe Zeit gebraucht, um die Erde zu erreichen; während dieſer Zeit rückt aber der Planet infolge ſeiner eigenen Bewegung eine Strecke weit vorwärts, ſo daß demnach die Richtung des Lichtſtrahles nicht den wirklichen Ort des Planeten, ſondern den Ort deſſelben bei ſeinem Abgange angibt. Dieſe Aberration, wenn man ſie ſo nennen will, würde ſelbſt dann ſtattfinden, wenn die Erde unbeweglich im Raume ſtill ſtände. Um ihren Werth zu berechnen muß man den Abſtand des Planeten von der Erde und die Geſchwindigkeit, mit welcher er ſich bewegt, kennen; nur auf Koſten der Deutlichkeit haben die Verfaſſer aſtronomiſcher Handbücher oft dieſe Correction mit der Aberration der Fixſterne vermengt.

Zwölftes Kapitel.

Das Aberrationsphänomen als ein Mittel betrachtet, um den Abſtand der Erde von der Sonne zu beſtimmen.

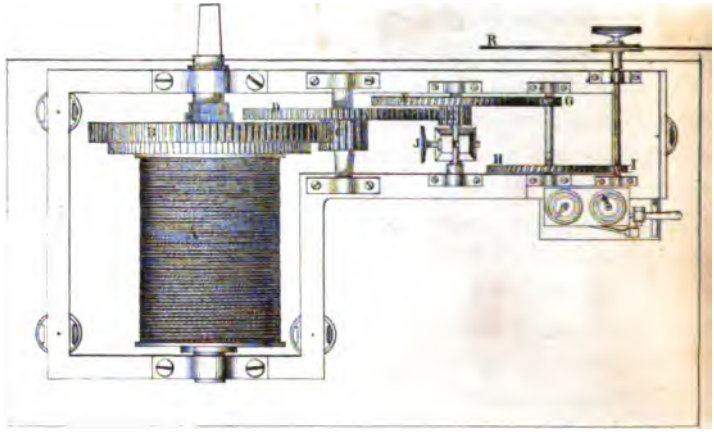
Wir haben geſehen, daß wir den größten Aberrationswinkel durch ein Dreieck erhalten, deſſen eine Seite die Geſchwindigkeit der Erde in ihrer Bahn und deſſen zweite Seite die Geſchwindigkeit des Lichtes darſtellt. Dieſer größte Aberrationswinkel beträgt dem Frühern gemäß 20″44.

Zwiſchen dieſen drei Größen, dem Aberrationswinkel, der Lichtgeſchwindigkeit und der Geſchwindigkeit der Erde, beſteht nun nothwendig ein derartiger Zuſammenhang, daß wenn zwei derſelben bekannt ſind, die dritte ſtets durch Rechnung daraus abgeleitet werden kann.

Geſetzt man habe auf irgend eine Weiſe die Geſchwindigkeit des Lichtes zu beſtimmen vermocht, d. h. denjenigen Raum, durch welchen das Licht in einer Secunde ſich fortpflanzt, und es ſei zugleich der Aberrationswinkel von 20″44 gegeben, ſo würde man daraus ſchließen können, wie groß in Meilen der gradlinige oder faſt gradlinige Weg ſein muß, den die Erde in einer Secunde in ihrer Bahn zurücklegt. Nun iſt dieſer Weg aber offenbar proportional dem Halbmeſſer dieſer Bahn oder dem in Meilen ausgedrückten Abſtande der Erde von der Sonne. Die Zeit, welche unſere Erde gebraucht, um zu demſelben Punkte ihrer Bahn zurückzukommen, iſt durch Beobachtungen, welche von der Sonnenparallaxe ganz und gar unabhängig ſind, bekannt. Man kann daher, ohne einen Kreisſchluß zu machen, den Bogen berechnen, welchen die Erde in einer Secunde durchläuft; aber dieſer Bogen, als gradlinig betrachtet, wird proportional dem Abſtande der Erde von der Sonne ſein. Wir wiſſen daher, wie groß dieſer Abſtand ſein muß, damit der in einer Secunde durchlaufene Raum zuſammengeſetzt mit dem Raume, welchen das Licht bei ſeiner gradlinigen Bewegung in derſelben Zeit zurücklegt, einen Aberrationswinkel gebe, wie ſolcher aus den directen Beobachtungen folgt.

Wenn die dieſen Rechnungen zu Grunde gelegte Geſchwindigkeit des Lichtes genau iſt, ſo wird ſich die entſprechende Geſchwindigkeit der Erde und folglich auch der Abſtand der Erdbahn von der Sonne mit Genauigkeit herleiten laſſen. Aus Verſuchen, welche Fizeau nach einem von ihm ſehr ſcharfſinnig ausgedachten Verfahren angeſtellt hat, ergibt ſich, daß wir die Geſchwindigkeit des Lichtes aus Beobachtungen auf der Erde bei kleinen Abſtänden, wie z. B. von Suresnes bis zum Montmartre, zu beſtimmen vermögen. Werden dieſe Beobachtungen mit mechaniſch noch vollkommneren Apparaten wiederholt, ſo wird man einſt ohne Paris und ſeine Bannmeile zu überſchreiten jene Parallaxe der Sonne finden können, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ſo langwierige, weite, mühſelige und koſtſpielige Reiſen veranlaßte.

Ich hoffe, es wird dem Leſer nicht unangenehm geweſen ſein, an dieſem auffallenden Beiſpiele zu ſehen, welchen Vortheil der Fortſchritt unſerer Kenntniſſe einſt aus theoretiſchen Verknüpfungen ziehen



Grundriss der Vorrichtung zur Bewegung des gezähnten Rades.

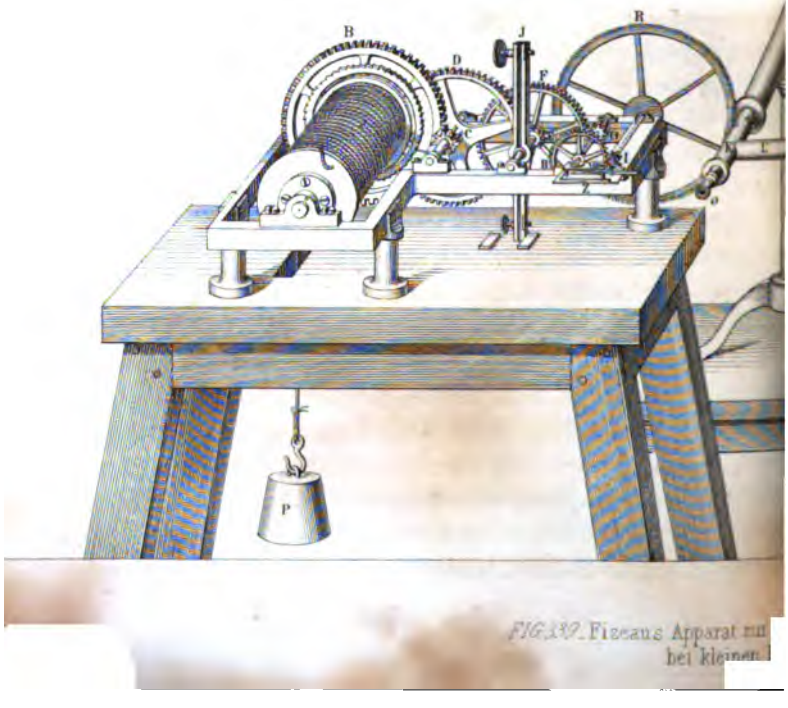
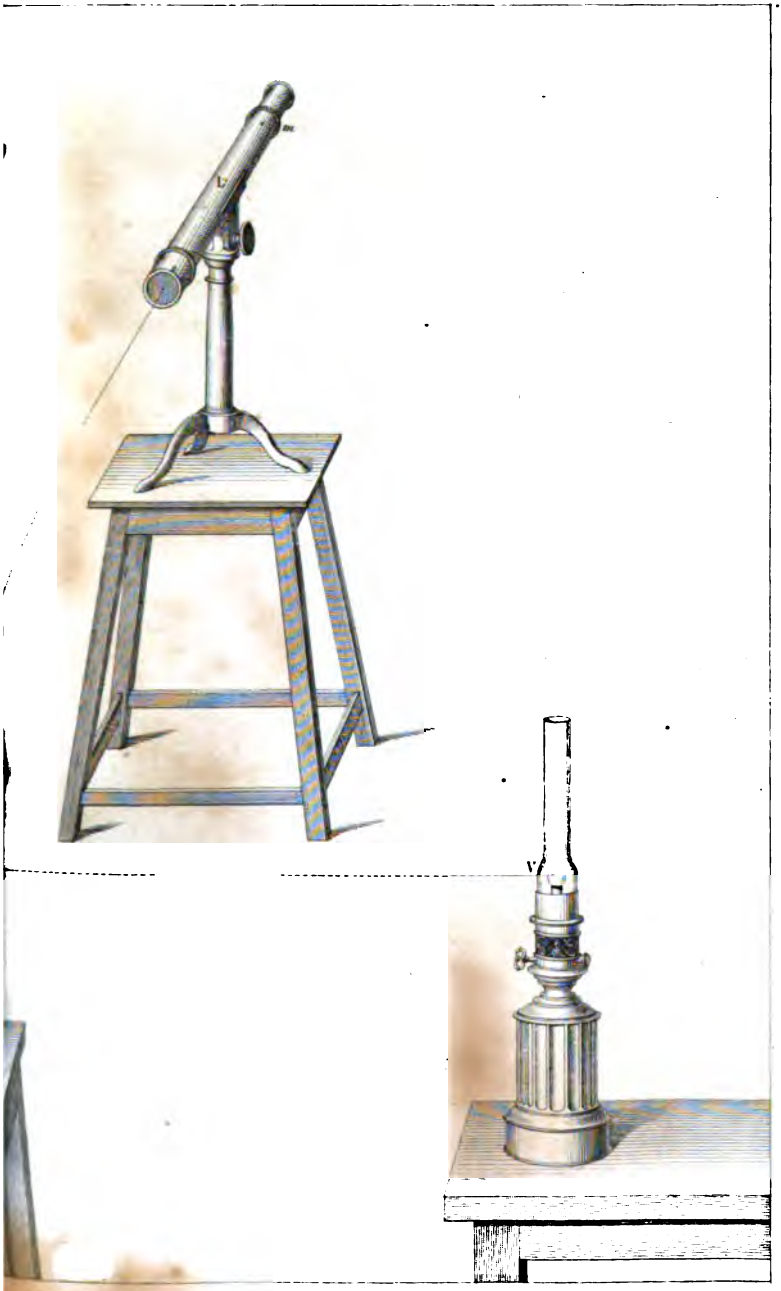


FIG. XV. Fizeaus Apparat zur
bei kleinen



Lith. Anst. v. J. G. Bach Leipzig

...windigkeit der Lichtes
...auf der Erde

kann, die für immer dem Reiche bloßer Speculationen angehören zu müſſen ſchienen.

Dreizehntes Kapitel.

Meſſung der Geſchwindigkeit des Lichtes durch Beobachtungen in geringen Abſtänden auf der Erde.

Eine nothwendige Ergänzung des vorhergehenden Kapitels bildet die Erläuterung des Verfahrens, wodurch es Fizeau gelungen iſt, das eben geſtellte ſcheinbar unlösliche Problem zu löſen.

Nach den fruchtloſen von Galilei angeſtellten Verſuchen mußte es nutzlos erſcheinen, weitere Anſtrengungen zur Meſſung der Geſchwindigkeit des Lichtes durch directe auf der Erde ausgeführte Experimente zu machen. In dem erſten der Dialogen delle scienze nuove läßt Galilei durch Salviati, eine der redenden Perſonen, die ſcharfſinnigen Verſuche mittheilen, die er zu jenem Zwecke ausgeführt hatte und zur Entſcheidung der Frage für geeignet hielt. Zwei mit Lichtern verſehene Beobachter waren in faſt $^1/_2$ Meile Entfernung von einander aufgeſtellt; einer von ihnen verdeckte zu einer gewiſſen Zeit ſein Licht, und der zweite ſollte das ſeinige augenblicklich bedecken, ſobald er das andere nicht mehr wahrnähme. Da aber der erſte Beobachter das zweite Licht in dem Augenblicke verſchwinden ſah, wo er das ſeinige bedeckte, ſo ſchloß Galilei daraus, daß das Licht ſich in einem untheilbaren Augenblicke durch den doppelten Abſtand der beiden Beobachter fortgepflanzt habe[5]). Aehnliche von den Mitgliedern der Academie del Cimento, aber in drei Mal größern Entfernungen ausgeführte Verſuche gaben daſſelbe Reſultat.

Fizeau iſt im Jahre 1849 glücklicher geweſen als ſeine berühmten Vorgänger im 17. Jahrhundert. Wenn man mit großer Geſchwindigkeit ein Rad, das an ſeinem Umfange gleich weit voneinander abſtehende Zähne trägt, umdreht, ſo wird jeder dieſer Zähne eine ſehr kurze Zeit, die man jedenfalls berechnen kann, ſobald die Umdrehungsgeſchwindigkeit des Rades bekannt iſt, gebrauchen, um den Raum zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Zähnen zu durchlaufen. Geſetzt

z. B. ein Rad mache zehn Umdrehungen in einer Secunde, und ein Zahn nehme den tausendsten Theil seines Umfanges ein, so geht offenbar in jeder $^1/_{10000}$ Secunde ein Zahn durch denselben Punkt des Raumes; man würde leicht durch Verzehnfachen der Geschwindigkeit des Rades eine Dauer von $^1/_{100000}$ Secunde für die Zeit, welche zwischen dem Durchgange zweier benachbarten Zähne durch denselben Punkt des Raumes verfließt, finden. Somit sind also sehr kurze völlig meßbare Zeiten gegeben. Man begreift, daß Fizeau durch diese Methode die Zeit in hinreichend kleine Intervalle theilen konnte, in welchen das Licht trotz seiner großen Geschwindigkeit nur ziemlich unbedeutende Strecken zurückzulegen vermochte.

Denken wir uns jetzt, daß ein Lichtstrahl durch den Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zähnen eines rotirenden Rades hindurchgeht, in der Ferne auf einen Spiegel trifft, dort reflectirt wird, und nach demselben Punkte des Raumes, von dem er ausgegangen, zurückkehren will. Man sieht leicht, es wird sich treffen können, daß derselbe auf diesem Rückwege an der Stelle des frühern Zwischenraumes, durch den er hindurchgegangen, einem Zahne begegnet, der ihn auffängt. Man wird also die Zeit erfahren, welche das Licht zu seinem Hin- und Hergange gebraucht hat, weil man die Zeit kennt, welche die Zähne des gedrehten Rades gebrauchen, um die Zwischenräume, durch welche sie getrennt sind, zu durchlaufen.

Das Mittel zur Verwirklichung der eben erwähnten Bedingungen hat Fizeau in dem Systeme zweier Fernröhre L und L'' (Fig. 339 S. 336) gefunden, die dergestalt aufeinander gerichtet sind, daß das Bild des Objectivs eines jeden derselben im Brennpunkte des andern entsteht. Ein Spiegel m ist im Brennpunkte des Fernrohrs L'' angebracht; zwischen dem Brennpunkte und dem Oculare des Fernrohrs L findet sich in K eine durchsichtige unter 45° gegen die Axe geneigte Glasplatte, auf welche die von einer Lampe V ausgehenden und durch ein Fernrohr L' nach K convergirend gemachten Lichtstrahlen auffallen. Ein von V ausgehendes Strahlenbündel convergirt also in K, von wo durch Reflexion ein neues Strahlenbündel ausgeht, das nach seinem Austritte aus dem Fernrohr L einen Cylinder von parallelen Strahlen bildet, der durch das Objectiv des Fernrohrs L'' gegen

deſſen Brennpunkt m convergirend gemacht wird; hier wird das Licht von dem daſelbſt befindlichen Spiegel reflectirt, tritt aus dem Fernrohre L'' aus, gelangt zum erſten L zurück, und läßt durch die Glasplatte K hindurch mittelſt des Oculars o das wirkliche Bild des urſprünglichen Lichtbündels wahrnehmen.

Dieſe Einrichtung hat bei Anwendung von Fernröhren mit nur 6 Centimeter Oeffnung vortrefflich das beabſichtigte Ziel erreichen laſſen. Das erſte Fernrohr L befand ſich in dem Belvedere eines in Suresnes

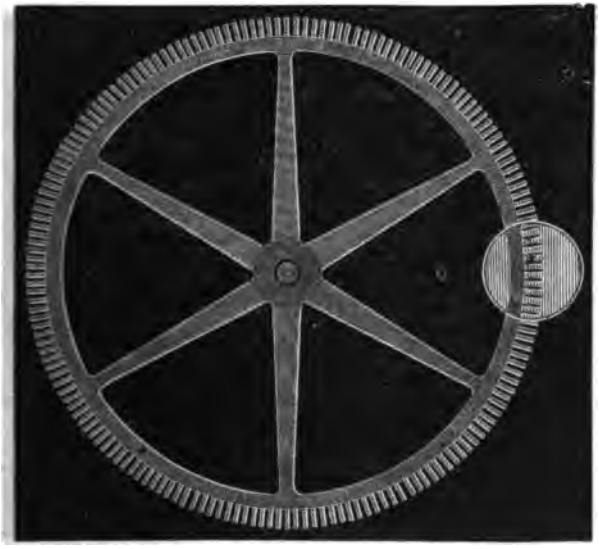


Fig. 340. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades beim Stillſtehen des letztern in Fizeau's Apparate.

gelegenen Hauſes, das zweite L'' auf der Höhe des Montmartre in einer Entfernung von 8633 Meter. Man ſah durch das Oculat einen leuchtenden Punkt, der einem Sterne glich und von dem Lichte geblitzt wurde, das von K ausgegangen einen Weg von 17266 Meter zurückgelegt hatte und genau durch dieſen Punkt zurückkam, bevor es das Auge erreichte.

Durch denſelben Punkt ließ Fizeau die Zähne eines rotirenden Rades R gehen, das vor K durch einen Ausſchnitt in das Rohr eintrat.

Das in Umdrehung geſetzte Rad erhielt ſeine Bewegung von dem Gewichte P, das am Ende eines über die Welle A gewundenen Seiles hing. Mit dieſer Welle iſt ein gezähntes Rad B verbunden, das in ein Getriebe C eingreift. An dieſem Getriebe ſitzt wieder ein Zahnrad D, das in ein zweites Getriebe E eingreift, wodurch das mit letzterem zuſammenhängende Rad F bewegt wird. Dieſes Rad greift wiederum in das Getriebe G ein, welches das Rad H umdreht. Das gezähnte Rad R endlich wird durch den Eingriff des Rades H in das Getriebe

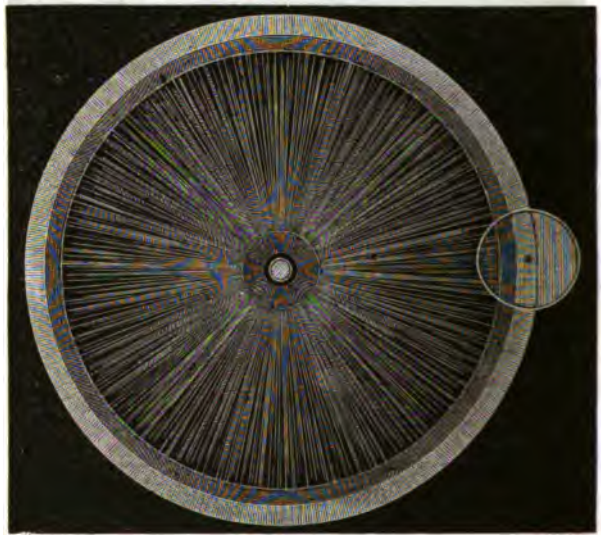


Fig. 341. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während der Umdrehung des letztern vor dem erſten Verſchwinden des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate.

I in Umſchwung verſetzt. Die Bewegung war regelmäßig, da die Zahnräder von Froment mit bekannter Geſchicklichkeit helicoidalförmig conſtruirt waren.

Eine Bremſe J, welche durch eine Schraube beliebig angepreßt werden konnte, geſtattete die Geſchwindigkeit der Umdrehung zu reguliren; dieſelbe konnte durch Anhängen eines hinreichend großen Gewichtes außerordentlich geſteigert werden.

Der Verſuch gelang ſehr gut. Stand das gezähnte Rad ſtill, ſo ſah man den leuchtenden Punkt ſcharf (Fig. 340); lief daſſelbe mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit um, ſo verminderte ſich der Glanz deſſelben (Fig. 341); er verſchwand vollſtändig bei hinreichend großer Geſchwindigkeit (Fig. 342). Unter den Umſtänden, wie der Verſuch ausgeführt wurde, trat die erſte Verdunkelung ein bei 12,6 Umdrehungen des Rades in einer Secunde. Ward die Geſchwindigkeit doppelt ſo groß, ſo erglänzte der Punkt von Neuem (Fig. 343); bei drei-

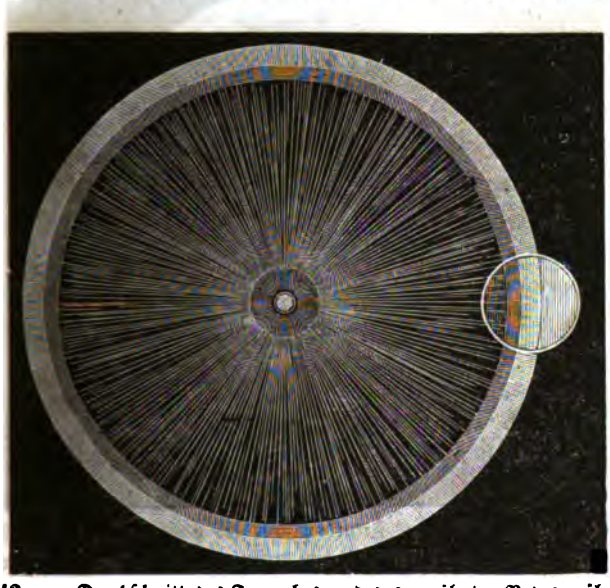


Fig. 342. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während des erſten Verſchwindens des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate.

facher Geſchwindigkeit erfolgte eine zweite Verdunkelung, während er bei vierfacher wieder aufleuchtete u. ſ. f.

Es handelt ſich nur noch, wie man ſieht, um die genaue Ermittelung der Umdrehungsgeſchwindigkeit während jedes gänzlichen Verſchwindens des leuchtenden Punktes. Dazu diente ein Zähler Z, der mit dem Apparate, ſobald derſelbe die gewünſchte Geſchwindigkeit beſaß, in Eingriff geſetzt wurde, und die Anzahl der während eines durch ein

Schreibchronometer gemeſſenen Zeitintervalles gemachten Umdrehungen angab.

Fizeau's erſte Verſuche haben eine Geſchwindigkeit von 315364000 Meter oder 42576 geogr. Meilen geliefert, was nur wenig von dem aus den Verfinſterungen der Jupitersſtrabanten hergeleiteten Werthe abweicht.

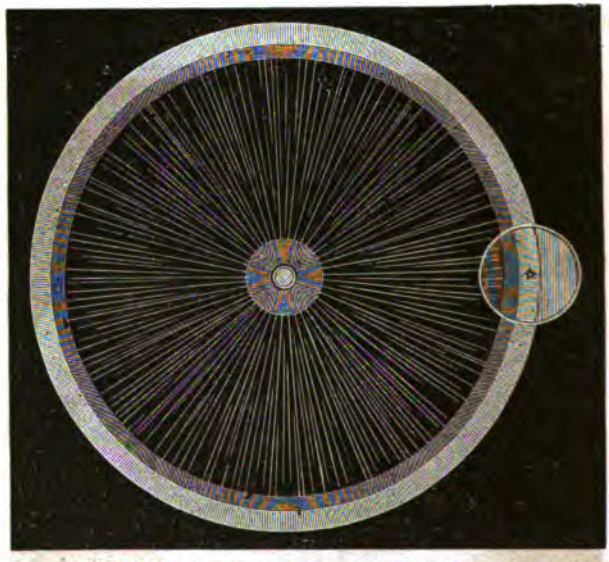


Fig. 343. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades in Fizeau's Apparate bei doppelter Geſchwindigkeit von derjenigen, welche das erſte Verſchwinden erzeugte.

Der große Apparat, der unter Aufſicht der Commiſſare der Akademie der Wiſſenſchaften conſtruirt worden iſt, wird mit aller Genauigkeit, wie ſie das Intereſſe der Wiſſenſchaften erheiſcht, die Wiederholung von Fizeau's ſchönen Verſuchen geſtatten.

Vierzehntes Kapitel.

Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Lichtes durch Beobachtung der Phaſen des Algol.

Im 11. Bd. S. 344 haben wir geſehen, daß Algol oder β im Perſeus gewöhnlich zweiter Größe iſt, daß aber ſein Glanz in einer gewiſſen Zeit bis zur vierten Größe abnimmt, und dann bis zur zweiten während eines zweiten Zeitraumes von gleicher Dauer wieder ſteigt. Dieſer Fixſtern ändert ſeine Helligkeit nicht wie die meiſten veränderlichen Sterne allmälich; er bleibt ununterbrochen 2 Tage 13 Stunden hindurch zweiter bis dritter Größe, und braucht 7 bis 8 Stunden um bis zur vierten abzunehmen und zur zweiten bis dritten Größe wieder zurückzukehren, welche Größe er von Neuem faſt conſtant 2 Tage 13 Stunden beibehält. Im 11. Bande S. 350 habe ich angeführt, daß dieſe Vorgänge nach einigen Vervollkommnungen unſerer Meſſungen über die Lichtintenſität der veränderlichen Sterne zu einer directen Beſtimmung der Lichtgeſchwindigkeit führen können. Wir wollen jetzt ſehen, wie ſich die Beobachtungen der Algolphaſen zu einer ſolchen Meſſung würden verwenden laſſen.

Geſetzt es betrüge der Zeitraum, in welchem Algol ſich verändert, und der im Laufe der Jahre etwas abnimmt, $3^1/_2$ Stunden, ſo würde dieſer Stern in der Hälfte dieſer Zeit von der vierten zur dritten Größe ſteigen, und alſo nur 105 Minuten gebrauchen, um ſeinen Glanz zu verdoppeln. Erfolgte die Veränderung proportional mit der Zeit, ſo würde jeder Minute eine Zunahme an Helligkeit von $^1/_{105}$ entſprechen; indeß zu der Zeit, wo der Stern dritter Größe iſt, geſchehen die Veränderungen raſcher. Vielleicht erreicht die Aenderung zu dieſer Zeit das Doppelte des mittleren Werthes, ſteigt alſo bis auf $^1/_{52}$ in der Minute. Eine Aenderung in der Lichtintenſität von $^1/_{52}$ iſt aber durch das bloße Anſehen zu erkennen; man würde ſonach die Zeitpunkte der intermediären Phaſen des Algol, die Zeitpunkte des Durchganges dieſes Sternes durch die dritte Größe bis auf eine Minute genau beſtimmen können. Einige Vervollkommnungen in unſern photometriſchen Meſſungen würden wahrſcheinlich dieſe Grenze bis auf $^1/_3$ oder $^1/_4$ Minute herabſetzen.

Somit wären wir also fast bei der Genauigkeit angelangt, welche die Beobachtungen der Verfinsterungen der drei letzten Jupitersmonde gestatten. Folglich hindert uns Nichts auf die Beobachtungen des Algol dieselben Schlüsse anzuwenden, welche Römer zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit führten. Es ist nur der Unterschied, daß während der berühmte Astronom mit reflectirtem Lichte operirte, es sich jetzt um directes Licht handelt; und daß die Jupitersmonde die Geschwindigkeit des von der Sonne kommenden Lichtes gaben, während die Beobachtungen des Algol die Geschwindigkeit des von einem Fixsterne ausgesandten Lichtes kennen lehren würden.

Die Vorgänge, welche sie auch sein mögen, die in der Region des Algol diesen Stern allmälich aus der zweiten Größe in die dritte, oder aus der vierten in die dritte übergehen lassen, werden uns nach Verlauf von so viel Zeit kund, als das Licht gebraucht, um von dieser Region bis zur Erde zu gelangen; denn um die an den Grenzen des Sternenhimmels eingetretene Veränderung wahrzunehmen, müssen wir die Ankunft des Lichtcouriers erwarten, der uns diese Botschaft überbringt. Wir haben also sorgfältig den Zeitpunkt, wo der Stern durch seine Rotation oder durch Zwischenstellung eines undurchsichtigen Körpers u. dergl. thatsächlich dritter Größe wird, von demjenigen zu unterscheiden, wo er für die Erde so erscheint; jener ist der Zeitpunkt des Factums, dieser der Zeitpunkt der Erscheinung desselben für uns.

Setzen wir den Stern und die Erde als ruhend, so wird die Zeit, welche das Licht zur Fortpflanzung durch den Abstand beider braucht, constant bleiben; im entgegengesetzten Falle aber sich ändern. Entfernt sich also die Erde allmälich von dem Sterne, so wird der zwischen dem Vorgange selbst und seiner Erscheinung oder Beobachtung liegende Zeitraum immer größer und größer werden; während das Umgekehrte beim Annähern der Erde statthaben muß.

Da nun die Erde ein Planet ist, so wird sie sich während sechs aufeinanderfolgender Monate von dem Algol entfernen, dagegen in den übrigen sechs sich ihm wieder nähern.

Wir wollen annehmen, daß der Augenblick des Ueberganges des Sternes in dritte Größe an dem Tage eintrete, wo die Erde demselben möglichst nahe steht, und daß wir dann nach sechs Monaten oder

wenn die Erde ſich in der größten Entfernung von ihm befindet, dieſelbe Phaſe wieder beobachten. Im Vergleich mit dem Vorgange ſelbſt wird dieſe zweite Erſcheinung ſpäter eintreten als die erſte, und zwar um die ganze Zeit, welche das Licht zur Fortpflanzung durch den Raum gebraucht, um welchen die Erde ſich zwiſchen dem erſten und dem zweiten Orte weiter von dem Sterne entfernt hat. Zieht man die erſte Beobachtung von der zweiten ab, ſo wird man alſo als Reſultat erhalten die wirkliche Zwiſchenzeit, welche zwiſchen den beiden Phaſen verfloſſen iſt, vermehrt um die Zeit, welche das Licht zum Durchlaufen des Unterſchiedes zwiſchen dem größten und kleinſten Abſtande der Erde vom Algol gebraucht hat.

Wäre die erſte Beobachtung bei der größten, und die zweite bei der kleinſten Entfernung der Erde vom Fixſtern angeſtellt, ſo würde der Zeitunterſchied beider gleich ſein der wahren Zwiſchenzeit zwiſchen den beiden Phaſen, aber dies Mal vermindert um die Zeit, welche das Licht gebraucht um die Raumdifferenz zwiſchen dem größten und kleinſten Abſtande zu durchlaufen.

Die Zwiſchenzeit zwiſchen zwei wirklichen Phaſen des Algol muß in Betracht des unermeßlichen Abſtandes von dieſem Sterne von der Stellung der Erde in ihrer Bahn gänzlich unabhängig ſein; denn bei ſolchen Entfernungen wird die Wirkung der Erde auf den Stern ganz unmerklich. Die entgegengeſetzte Annahme konnte annehmbar erſcheinen, als man zuerſt die Verfinſterungen der Jupitersmonde, welche der Erde näher ſtehen, discutirte; hier würde ſie bei der erſten Prüfung ſich als unhaltbar zeigen. Auf dieſe Weiſe wird alſo die wahre Zwiſchenzeit zwiſchen einer Phaſe des Algol, wo die Erde im geringſten Abſtande von ihm ſteht, und der ſechs Monate ſpäter, wenn jene Entfernung ein Maximum geworden iſt, beobachteten Phaſe im Mittel der Zeit gleich ſein, welche man finden würde, wenn man die Ausgangspunkte verwechſelte, d. h. zuerſt die Phaſe im größten und darauf im kleinſten Abſtande beobachtete.

Da die wahren Zwiſchenzeiten zwiſchen den Phaſen gleich ſind, ſo können die beobachteten Zwiſchenzeiten unter ſich nur infolge der Geſchwindigkeit des Lichtes differiren. Wir wiſſen aber jetzt, in ſechs Monaten entfernt ſich die Erde um eine ſolche Strecke vom Algol, daß

das Licht zu ihrem Durchlaufen nur 15 Minuten und 12 Secunden gebraucht. In den nächſten ſechs Monaten nähern ſich beide Körper wieder um dieſelbe Größe. Um alſo die Zwiſchenzeit zwiſchen einer in der Nacht des kleinſten und einer zweiten in der Nacht des größten Abſtandes der Erde vom Algol beobachteten Phaſe zu erhalten, würde man 15 Minuten 12 Secunden zu der wahren Zwiſchenzeit hinzurechnen müſſen, falls letztere bekannt wäre. Dieſe uns unbekannte wahre Zwiſchenzeit, vermindert um 15 Minuten 12 Secunden, würde den Zeitraum geben, der zwiſchen den Beobachtungen zweier Phaſen, der erſten im Maximum, und der zweiten im Minimum des Abſtandes, verfließt. Wenn man aber eine beliebige, bekannte oder unbekannte Zahl dieſen beiden Operationen unterwirft, ſie alſo einerſeits um 15 Minuten 12 Secunden vergrößert, und andererſeits um eben dieſe Größe vermindert, ſo werden die ſo erhaltene Summe und Differenz voneinander um das Doppelte von 15 Minuten 12 Secunden, d. h. um 30 Minuten 24 Secunden abweichen.

30 Minuten 24 Secunden wird alſo der Unterſchied der zwei Reihen von Zeitintervallen zwiſchen den Phaſen des Algol ſein, welche beim Maximum und beim Minimum des Abſtandes angeſtellt und auf die angegebene Weiſe berechnet werden. Dieſe Größe überſteigt bei weitem die Fehler, denen man bei den Beobachtungen ausgeſetzt iſt. Sonach ſcheint es möglich, direct die Geſchwindigkeit des von einem Sterne ausgehenden Lichtes zu beſtimmen [6]).

Neunundzwanzigſtes Buch.

Saturn.

Erſtes Kapitel.

Ausſehen des Saturn. — Seine Bewegung um die Sonne.

Der Planet Saturn iſt von jeher bekannt geweſen.

Der Saturn leuchtet am Firmament wie ein Stern erſter Größe. Von mittlerem Glanze, zeigt ſein Licht niemals eine Spur von Scintillation.

Das ihm beigelegte Zeichen ♄ ſtellt das unvollkommene Bild einer Sichel vor.

Aus der Langſamkeit ſeiner eigenen Bewegung oder Ortsveränderung unter den Fixſternen hatte man den richtigen Schluß gezogen, daß dieſer Planet, viel weiter entfernt als Mars und Jupiter, an der äußerſten Grenze des (früher bekannten) Sonnenſyſtems ſtehe.

Bei den Aegyptern führte Saturn den Namen des Erſcheinenden, in welcher Benennung man eine Anſpielung hat erblicken wollen auf die dieſem Planeten zukommende Eigenſchaft, zur Zeit ſeiner Conjunctionen aus den Strahlen der Sonne raſcher wieder hervorzutreten, als Mars oder Jupiter[1]). Doch iſt es zweifelhaft, ob die erwähnte Beobachtung, in Verbindung mit der Langſamkeit der eigenen Bewegung des Saturn, einer ſo entlegenen Zeit zugeſchrieben werden kann, als die iſt, in welcher die Bewohner Aegyptens das Bedürfniß empfanden, dem Planeten einen beſonderen Namen beizulegen.

Die Griechen gaben auch dem Saturn den Namen der Nemesis und fügten häufig das Beiwort φαίνων, glänzend, hinzu. Von einigen Autoren wird er eine Sonne genannt.

Die indischen Benennungen für unseren Planeten sind 'sanaistschara, 'sani und 'sauri. Nach Bopp's Erklärung bedeutet das erste Wort der Langsam-wandelnde von 'sanais, langsam, und tschara, gehend. Das zweite Wort bedeutet langsam. 'Sauri endlich ist eine Benennung des Gottes Wischnu.

Was wir über die scheinbare Bewegung des Saturn zu sagen haben, ist abgesehen von der Verschiedenheit der numerischen Werthe, die fast wörtliche Wiederholung der Bemerkungen, zu denen uns die am Jupiter beobachteten Ortsveränderungen Anlaß gaben.

Also werden wir in der Stellung des Saturn, verglichen mit der scheinbaren Stellung der Sonne, zunächst die Zustände zu unterscheiden haben, wo der Planet und der Centralkörper nahezu an demselben Orte des Himmels stehen und beide um Mittag durch den Meridian gehen; der Planet ist dann in Conjunction. Wenn der Saturn in seiner Bahn zu dem Punkte gelangt ist, wo er um Mitternacht im Meridian steht, so sagt man, er befinde sich in Opposition. An den Punkten endlich, wo der Planet, bei einem Abstande von ungefähr 90 Graden von der Sonne, um 6 Uhr des Morgens oder um 6 Uhr Abends den Meridian passirt, ist er in Quadratur.

Wenn kurz nach der Conjunction der Saturn einige Zeit vor der Sonne aufgeht, so ist seine Bewegung unter den Fixsternen in ihrem Maximum, und zwar direct, oder in der Richtung von Westen nach Osten. Dennoch ist dabei der Abstand von der Sonne im Zunehmen begriffen, weil die scheinbare Bewegung der letzteren rascher ist als die des Planeten. Nach und nach scheint die Bewegung des Saturn langsamer zu werden, bis zum gänzlichen Verschwinden: der Planet ist dann in der Epoche seines Stillstandes und könnte, unbewaffneten Auges mit den übrigen Sternen verglichen, für einen gewöhnlichen Fixstern gehalten werden.

Dem Stillstande folgt eine rückgängige oder retrograde Bewegung in der Richtung von Osten nach Westen, welche am Tage der Oppo-

ſeinen ihr Maximum erreicht: dieſelbe nimmt alsdann ab, bis der Saturn von Neuem ſtationär wird.

Nach ſeinem zweiten Stillſtande tritt, immer im Vergleiche zu den Sternen, wiederum die directe Bewegung ein, mit allmälicher Steigerung bis zur folgenden Conjunction, worauf im folgenden Jahre dieſelbe Reihenfolge der Erſcheinungen ſich wiederholt.

Der Planet wird ſtationär, wenn er nach Oſten oder nach Weſten um 109 Grade vom Punkte ſeiner Oppoſition entfernt iſt; der Bogen, welcher rückgängig durchlaufen wird, beträgt ungefähr 6 Grade, und die dazu erforderliche Zeit 139 Tage.

Um alle Punkte ſeiner Bahn zu durchlaufen und den ganzen Kreislauf am Himmel zurückzulegen, mit anderen Worten, um ſeinen ſideriſchen Umlauf zu vollenden, gebraucht der Saturn 29 Jahre 167 Tage.

Die Zeit, welche zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Conjunctionen verfließt, oder die Dauer des ſynodiſchen Umlaufs beträgt 1 Jahr und 13 Tage. Davon kommen auf die directe Bewegung des Saturn 239 Tage, auf die retrograde 139 Tage.

Die Bahn, in welcher ſich Saturn bewegt, iſt eine Ellipſe, deren Ebene mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 2° 29′ 36″ macht.

Die Neigung der Saturnbahn gegen den Erdäquator beläuft ſich auf 22° 38′ 44″.

Das Perihel, d. h. das der Sonne am nächſten gelegene Ende der großen Axe der Ellipſe, bleibt am Himmel nicht unverrückt: vielmehr iſt die große Axe oder Apſidenlinie einer directen Bewegung unterworfen, infolge deren das Perihel ſucceſſive nach verſchiedenen Punkten des Himmels gerichtet iſt.

Die Excentricität der Saturnbahn beträgt 0,056 Theile der halben großen Axe.

Die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne iſt 9,539, wenn die mittlere Entfernung von Sonne und Erde als Einheit genommen wird; die Periheldiſtanz iſt 9,005: im Aphel iſt der Saturn beiläufig 10,073 mal ſo weit von der Sonne entfernt, als die Erde.

Die Länge des Perihels iſt 89° 8′ 20″, die Länge des aufſtei-

genden Knotens 111° 56′ 7″, die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 123° 6′ 29″.

Diese Elemente sind der Mehrzahl nach aus den Tafeln Bouvard's entnommen; die übrigen Angaben sind Folgerungen aus der Theorie der Störungen, deren Berechtigung wir nachgewiesen haben*).

Der Saturn zeigt keine merklichen Phasenunterschiede, was sein beträchtlicher Abstand von der Sonne hinreichend erklärt, ohne daß man auf ein eigenes Licht des Planeten zu schließen braucht. Im dritten Kapitel werden wir beweisen, daß er sein Licht von der Sonne erhält.

Licht und Wärme werden von der Sonne im Verhältniß dessen, welches die Erde empfängt, der Oberfläche des Saturn nur 0,011 Theile mitgetheilt.

Mit der Sonnenmasse verglichen ist die Masse des Saturn gleich $^1/_{3500}$; seine Dichtigkeit beträgt 0,138 von der Dichtigkeit der Erde; das Maaß der Schwere endlich auf seiner Oberfläche ist 1,09, wenn man die Schwere auf der Oberfläche unserer Erde gleich 1 setzt*).

Zweites Kapitel.

Von der Größe des Saturn.

Der scheinbare Durchmesser des Saturn ist veränderlich; für den mittleren Abstand des Planeten von der Erde, oder was wegen seiner großen Entfernung von Sonne und Erde dasselbe ist, für den mittlern Abstand des Planeten von der Sonne beträgt der Winkel, unter welchem die Saturnscheibe gesehen wird, nach Struve 17″99. Die Grenzen, zwischen denen der Werth dieses scheinbaren Durchmessers schwankt, sind 15 und 20 Secunden. Es folgt daraus, daß der wahre (mittlere) Durchmesser des Saturn den der Erde um das 9,022fache übertrifft, und daß ferner sein körperlicher Inhalt, unter der Voraussetzung vollkommener Kugelgestalt, 735mal so groß ist als der unsere

*) Siehe in diesem Bande das 4. Kap. des 23. Buchs, S. 16—22.

Erde. Der Aequatorealhalbmeſſer des Saturn beträgt 57420 Kilometer oder 7753 geographiſche Meilen.

Fig. 344 ſtellt das Verhältniß der ſcheinbaren Größe der Saturnſcheibe zur Zeit des größten (A), des mittleren (B) und des kleinſten (C)

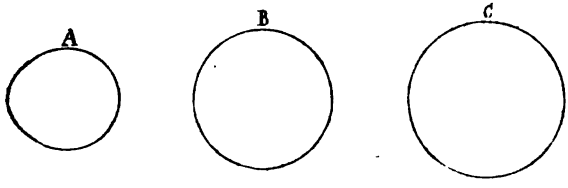


Fig. 344. — Scheinbare Größe der Saturnſcheibe je nach der verſchiedenen Entfernung des Planeten von der Erde.

Abſtandes von der Erde dar; der Maaßſtab iſt der nämliche (1 Millimeter = 1 Secunde), welcher in dieſem Werke bereits für die graphiſche Darſtellung der ſcheinbaren Größe der Scheiben von Merkur, Venus, Mars und Jupiter gewählt worden iſt.

Drittes Kapitel.

Vom Ringe des Saturn.

Am Saturn nehmen wir eine Erſcheinung wahr, welche im Sonnenſyſtem einzig daſteht: die den eigentlichen Planetenkörper bildende Kugel iſt in einer beträchtlichen Diſtanz von einem ſehr breiten, aber faſt ganz flachen Ringe (ſiehe S. 352 Fig. 345) umgeben, welcher mit der Ebene der Saturnbahn einen gegenwärtig ungefähr 28° betragenden Winkel bildet. Folglich kann dieſer Ring unter keinen Umſtänden ſich einem auf der Erde befindlichen Beobachter ganz geöffnet zeigen; er erſcheint ſtets elliptiſch und in einer Dimenſion von veränderlicher Breite, ſo daß die ſcheinbare kleine Axe der Ringellipſe die Hälfte ſeines größten Durchmeſſers niemals überſteigt.

Von der Erde aus geſehen ſcheint ein Theil des Ringes vor dem Planetenkörper zu liegen, wogegen nach der entgegengeſetzten Seite der Saturn ſich auf den Ring projicirt und einen Theil deſſelben verdeckt.

In der Nähe der Gegend, wo der Ring vor dem Planeten vorbeigeht, bemerkt man auf der Oberfläche des letzteren einen Schattenstreifen, welcher offenbar dadurch entsteht, daß das Licht der Sonne von der dazwischenliegenden dichen Materie des Ringes aufgehalten wird. Der Planet besitzt folglich kein eigenes Licht, sondern strahlt nur das reflectirte Sonnenlicht zurück.

Dieser Schluß läßt sich auf den Ring ausdehnen, weil analoger Weise dem den Planeten beschattenden Theile des Ringes gerade gegenüber, auf der entfernteren Seite desselben sich ein schwarzer, sehr leicht zu unterscheidender Schatten zeigt, welchen seine den Rändern der schattenwerfenden Planetenkugel parallele Form charakterisirt.

In der Mehrzahl unserer Fernröhre verschwindet der Ring gänzlich, wenn die Fortsetzung seiner Ebene durch die Erde geht, weil der Winkel seiner schmalen Seite zu klein ist, um auf unsere Augen eine merkliche Wirkung auszuüben. Indessen bleibt das von der Kante reflectirte Licht noch wahrnehmbar, wenn man Teleskope von der Stärke der William Herschel'schen anwendet. Der Ring verschwindet ferner ebenfalls, wenn er in derselben Ebene mit der Sonne steht, indem die Strahlen der letzteren alsdann an der breiten Fläche des Ringes so zu sagen blos hingleiten, ohne ihr die Fähigkeit zu verleihen, Licht zurückzustrahlen. Endlich tritt zwischen den beiden erwähnten, von einander nicht weit entfernten Epochen ein dritter Zustand des Verschwindens ein, wenn nämlich die verlängerte Ringebene eine solche Stellung zwischen Erde und Sonne einnimmt, daß nur die eine uns nicht sichtbare Seite seiner Oberfläche beleuchtet wird.'

Da während der Umlaufsbewegung des Saturn um die Sonne die Ringebene sich beständig parallel bleibt, so ist klar, daß die Stellungen, in denen der Ring verschwindet, d. h. der Durchgang seiner Ebene durch das Sonnencentrum, sich während der Dauer einer Umdrehung des Planeten um die Sonne zweimal wiederholen müssen, und folglich etwa alle funfzehn Jahre wiederkehren.

In der vorstehenden Darstellung haben wir überall von der Ebene des Ringes gesprochen; indessen kann diese Benennung keineswegs als vollständig genau angesehen werden, denn so oft man das Verschwinden des Ringes beobachtet hat, ist der eine Henkel früher un-

ſichtbar geworden, als der andere, welcher noch mehrere Tage nach dem vollſtändigen Verſchwinden des erſteren wahrgenommen werden konnte. Daſſelbe Phänomen zeigt ſich beim Wiedererſcheinen des Ringes. Zuweilen hat man ſelbſt zur Zeit der runden Phaſe eine Abnahme der Amplitude an den Anſen bemerkt; ſo erſchienen ſie z. B. im Jahre 1714 um die Hälfte kürzer, als gewöhnlich.

Der Ring iſt nicht zuſammenhängend, ſondern beſteht aus zwei deutlich getrennten Partieen, und zwar liegt die Trennungslinie dem äußeren Rande näher als dem inneren. Einige Aſtronomen haben zuweilen Spuren einer größeren Zahl von Theilungen wahrgenommen, woraus man auf die Exiſtenz von vier oder fünf concentriſchen, nahe in derſelben Ebene liegenden Ringen ſchließen zu dürfen geglaubt hat.

William Herſchel hat durch Beobachtungen von außerordentlicher Feinheit im Jahre 1790 dargethan, daß der Ring oder die Ringe ſich um ihren gemeinſchaftlichen Mittelpunkt in 10 St. 32 Min. 15 Sec. drehen, welches Reſultat übrigens, um es beiläufig zu bemerken, mit den Erſcheinungen ſchwer in Einklang zu bringen zu ſein ſcheint, welche die beiden Henkel oder Anſen des Ringes zur Zeit ſeines Verſchwindens oder ſeines Wiedererſcheinens darbieten [3]).

Im Ganzen betrachtet beſitzt der Ring ein intenſiveres Licht, als der Körper des Planeten, und wenn man blos die beiden getrennten Theile vergleichen will, aus denen der ganze Ring beſteht, ſo iſt der äußere Ring beträchtlich weniger hell als der innere.

Beobachtungen, deren Genauigkeit nicht wohl zweifelhaft ſein kann, haben gezeigt, daß der Mittelpunkt des Ringes mit dem des Planeten nicht genau zuſammenfällt [4]). Uebrigens iſt dieſe Excentricität außerordentlich gering: der Planet hat dem weſtlichen Rande des inneren Ringes ſtets etwas näher geſchienen, als dem öſtlichen.

Folgende Zahlen geben in Secunden ausgedrückt die Dimenſionen des Ringes und der hauptſächlichſten Theile, aus denen er beſteht, für die mittlere Entfernung des Saturn von der Erde, mit anderen Worten, für ſeinen mittleren Abſtand von der Sonne.

Aeußerer Durchmeſſer des äußeren Ringes	40"09
Innerer Durchmeſſer des äußeren Ringes	35,29

Aeußerer Durchmeſſer des inneren Ringes	34"47
Innerer Durchmeſſer des inneren Ringes	26,67
Breite des äußeren Ringes	2,40
Breite der Theilung zwiſchen beiden Ringen	0,41
Breite des inneren Ringes	3,90
Abſtand zwiſchen dem Saturn und dem inneren Rande des Ringes	4,34

Dieſe Dimenſionen führen zu der Folgerung, daß der äußere Durchmeſſer des äußeren Ringes 38325 geographiſche Meilen beträgt, der innere Durchmeſſer deſſelben 33728 Meilen; ferner ſind der äußere und innere Durchmeſſer des inneren Hauptringes bezüglich 32955 und 25490 Meilen. Für die Breite des äußeren Ringes ergibt ſich hieraus der Werth von 2299 Meilen, für die Breite des inneren 3733 Meilen. Die Entfernung der beiden Ringe voneinander beträgt 387 Meilen, die ganze Breite des doppelten Ringes 6418 Meilen, und endlich der Zwiſchenraum zwiſchen dem inneren Rande des Ringes und der Oberfläche des Planeten 4992 Meilen. Die Dicke der Ringe ſcheint übrigens 50 geographiſche Meilen (100 lieues) nicht zu überſteigen. Fig. 346 (Seite 352) zeigt das Bild des Saturn und ſeines doppelten Ringes für einen in der Richtung der Axe des Planeten befindlichen Beobachter.

Im Vorſtehenden iſt die Darſtellung deſſen enthalten, was die Aſtronomen durch die Erforſchung des Saturnringes mit Hülfe der größten Fernröhre ermittelt haben. Wir müſſen jetzt anführen, daß zu dieſen früher beobachteten Erſcheinungen in der neueſten Zeit höchſt auffällige Thatſachen hinzugekommen ſind, in denen es ſchwer ſcheint, nicht das Reſultat neuer Schöpfungen zu erblicken, welche ihrerſeits zu der Folgerung zu leiten ſcheinen, daß das Syſtem des Saturn in ſeiner Geſammtheit noch heute der Schauplatz materieller Umwälzungen iſt, von denen wir uns nur ſchwer eine Vorſtellung machen können. Folgendes iſt eine kurze Ueberſicht über die von den Herren Bond, Aſtronomen der Harvard-Sternwarte bei Cambridge in den Vereinigten Staaten gemachten Beobachtungen.

Die erſten Beobachtungen von G. P. Bond datiren vom 11. November 1850. An dieſem Tage bemerkte Bond einen Lichtſchein inner-

halb des alten Ringes, welcher eine scharfe Grenze zu haben schien, bevor er den Körper des Planeten erreichte.

Am 15. November untersuchte W. C. Bond den Saturn mit verschiedenen Ocularen, unter anderen mit einer 400maligen Vergrößerung, und nahm deutlich dasselbe Phänomen wahr: der neue Ring erschien gut begrenzt und berührte mit seinem Rande den Planeten. Der Beobachter glaubte, daß der neue Ring mit dem alten nicht zusammenhing, doch ohne es sicher behaupten zu können. Der neue Ring ließ sich vor dem Körper des Planeten verfolgen.

Mit verschiedenen Vergrößerungen zwischen 140 und 400 konnte G. P. Bond sich nicht überzeugen, ob der neue Ring vom alten getrennt war, oder nicht, doch sah er den inneren Rand scharf begrenzt.

W. C. Bond glaubte endlich mehrere Male mit beträchtlichen Vergrößerungen eine Trennung des neuen Ringes vom alten zu bemerken.

Die von den Herren Bond angestellten Messungen gaben 2"3 für die Breite des äußeren, und 1"5 für die des neuen Ringes.

Am 7. Januar hatten die amerikanischen Astronomen eine völlige Bestätigung aller vorhergehenden Beobachtungen.

Diesen Einzelheiten müssen wir dasjenige hinzufügen, was in England fast unter demselben Datum wahrgenommen wurde.

Am 3. December 1850, bei einem Herrn Dawes in Wateringbury abgestatteten Besuche richtete Herr Lassell einen Refractor von Merz, mit $6^1/_2$ Zoll Oeffnung und einer nicht ganz dreihundertfachen Vergrößerung auf den Saturn, und bemerkte eine Art von Lichtschleier, welcher an beiden Henkeln die Hälfte des zwischen dem inneren Rande des alten Ringes und der Oberfläche des Planeten enthaltenen Zwischenraumes bedeckte. Hind in London nahm dieselbe Erscheinung wahr, nachdem ihm Lassell seine Beobachtung mitgetheilt hatte. Endlich sah Dawes selbst am 3. December den neuen Ring, und bemerkte eine etwas dunkle, aber nicht ganz schwarze Trennung zwischen seinem dem Planeten abgekehrten Rande und dem inneren Rande des alten Ringes.

Diese Beobachtungen wurden von Dawes mit Vergrößerungen zwischen 300 und 600 angestellt.

Viertes Kapitel.

Hiſtoriſches über die Entdeckung des Saturnringes.

Galilei verſäumte nicht, ſobald es die Umſtände geſtatteten, ſeine Fernröhre auf den Saturn zu richten, aber die Schwäche ſeiner Inſtrumente bereitete ihm eine große Verlegenheit. Aus einem Briefe Galilei's an den Großherzog von Toscana wiſſen wir, daß Saturn ihm dreifach (tergeminus) erſchien. Die Bedeutung dieſes Ausdrucks findet ſich deutlich erklärt in einem an Giugliano de Medicis, den großherzoglichen Geſandten beim Kaiſer von Oeſtreich, gerichteten Briefe vom 13. November 1610. Galilei ſchreibt: „Wenn ich den Saturn mit einem Fernrohre von mehr als 30facher Vergrößerung beobachte, ſo erſcheint in der Mitte der größte Stern; die beiden anderen liegen der eine weſtlich, der andere öſtlich auf einer Linie, welche mit der Richtung des Thierkreiſes nicht zuſammenfällt, und ſcheinen den Centralſtern zu berühren. Sie kommen mir vor, wie zwei Diener, welche dem alten Saturn beiſtehen, ſeinen Weg zurücklegen, und nicht von ſeiner Seite weichen. Durch ein Fernrohr von geringerer Vergrößerung erſcheint der Stern länglich und von der Geſtalt einer Olive.“

In einem Briefe an Caſtelli, vom 30. December 1610, ſprach Galilei aus, daß Saturn aus drei Sternen, deren gegenſeitige Stellung ſich nicht ändere, zuſammengeſetzt ſei.

Es kam eine Zeit (im Jahre 1612), wo die beiden Seitenſterne dem Auge Galilei's ſich nicht mehr zeigten, und der Planet ihm vollkommen rund erſchien. Dieſer Umſtand entmuthigte ihn, wie es ſcheint, im höchſten Grade, und brachte ihn bis zu dem Verdachte daß bei allen ſeinen früheren Beobachtungen in den Gläſern ſeine Fernröhre die Urſache zu einer Täuſchung gelegen habe, wodurch ſcheinbar in einen wirklichen Gegenſtand verkehrt worden, was nur ein Trugbild geweſen ſei. Den Ausdruck dieſer Entmuthigung findet man in einem Briefe an Velſer, aus dem Jahre 1612. Gewiß iſt daß von dieſer Zeit an Galilei ſich mit dem Saturn nicht mehr beſchäftigt hat.

Hevel widmete ſich mit großer Aufmerkſamkeit der Beobachtung des Saturn. Im Jahre 1646 geſtand er freimüthig, wie er von der

Phänomenen, welche der Planet zeigte, Nichts begreife. Auch er neigte ſich einen Augenblick zu dem Glauben, daß dieſe Erſcheinungen nur zufälliger Natur ſeien und von vorübergehenden Urſachen herrührten. Endlich, im Jahre 1656, blieb der danziger Aſtronom bei der Vorſtellung ſtehen, daß Saturn aus drei Theilen gebildet ſei, von denen der mittlere eine elliptiſche Geſtalt beſitze, während die beiden Seitenkörper keine ſphäriſche Form haben könnten, ſondern aus ſichelförmigen oder halbmondähnlichen Körpern mit hyperboliſcher Krümmung beſtänden, welche mit ihren Spitzen unveränderlich an dem, im Uebrigen durch einen maſſeleeren Zwiſchenraum getrennten Mittelkörper anhafteten. Die runde Phaſe des Planeten erklärte er ſich durch die Vorausſetzung einer Rotationsbewegung der beiden halbmondförmigen Saturnbegleiter, vermöge deren der eine zuweilen vor, der andere hinter die Scheibe des Hauptkörpers träte.

Im Jahre 1659 veröffentlichte Huygens die Reſultate der zahlreichen Beobachtungen, welche er mehrere Jahre zuvor mit einem ſelbſtconſtruirten 21füßigen Teleſkope angeſtellt hatte [5]). Das Verſchwinden der Henkel, das für Galilei eine Urſache zur Entmuthigung geweſen, wurde für Huygens 1656 der Prüfſtein ſeiner Theorie und bewies ihm, daß er die Wahrheit gefunden hatte. Trotz ihrer Evidenz fand die Erklärung von Huygens anfänglich nicht allgemeinen Anklang. Riccioli unter Anderen glaubte zwar, daß der Saturn von einem flachen Gürtel umgeben ſei, welchen er aber an zwei Punkten mit dem Planeten zuſammenhängend annahm [6]).

Gallet in Avignon, ſonſt durch einige recht feine Bemerkungen nicht unvortheilhaft bekannt, behauptete, daß die Erſcheinungen am Saturn keine Realität beſäßen und durch die Wirkung der Reflexion des Lichtes an converen Oberflächen zu erklären wären. Man iſt in der That verwundert, wie ein in einiger wiſſenſchaftlichen Achtung ſtehender Mann eine derartige Anſicht dem öffentlichen Urtheil anheimgeben konnte.

Huygens hatte in ſeiner Schrift Systema Saturnium für die Neigung der Ringebene gegen die Ebene der Ekliptik den Winkel von $23^1/_2$ Grad angegeben. Spätere, in Gemeinſchaft mit Picard 1668 angeſtellte Beobachtungen führten ihn auf eine ſeiner Anſicht nach

weit genauere Beſtimmung, wonach der Werth jenes Winkels ungefähr 31° betragen ſollte.

Um die Neigung des Ringes gegen die Ebene der Ekliptik zu beſtimmen, wenn die Lage der Durchſchnittslinie der beiden Ebenen bekannt iſt, iſt es hinreichend, das Verhältniß der beiden Aren der Ellipſe zu kennen, unter der ſich der Ring dem Beobachter zeigt. Leider haben die in früheren Zeiten angeſtellten mikrometriſchen Meſſungen dieſer beiden Aren nicht die volle wünſchenswerthe Genauigkeit. Wenn man aber bedenkt, daß die Fernröhre der alten Beobachter ihnen weit kleinere Größen wahrnehmbar machten, als welche ihnen ihre Mikrometer zu meſſen geſtatteten, ſo kann man aus ihren Beobachtungen den Zeitpunkt zu beſtimmen verſuchen, wo der Durchmeſſer des Planeten dem des Ringes gleich war; in dieſem Falle kann man den Polardurchmeſſer des Saturn, wie ihn die neueren Beobachtungen geben, für den fraglichen Querdurchmeſſer des Ringes nehmen. Dieſer kleine Durchmeſſer wird dann, in Verbindung mit dem aus den Beobachtungen unſerer Zeit gefolgerten Werthe des größten Durchmeſſers, die Neigung der Ringebene für jene entlegenen Zeiten zu berechnen geſtatten, wo die Gleichheit der die Planetenpole verbindenden Linie mit der kleinen Are der Ellipſe, deren Werth alsdann für genau gemeſſen angeſehen werden kann, bemerkt worden iſt. Wendet man dieſe Rechnung auf die Beobachtungen Picard's und einiger anderen Aſtronomen an, ſo wird ſich ergeben, ob die Annahme einer conſtanten Neigung der Ringebene erlaubt iſt.

Auzout iſt ſoviel ich weiß der Erſte, welcher im Jahre 1662 den Schatten des Saturn auf dem Ringe wahrgenommen hat*).

Der Ring, hat man behauptet, kann der unvermeidlichen Zerſtörung, welche die Wirkung der Attraction des Planeten herbeiführen müßte, nur durch eine Rotationsbewegung entgehen; allein wenn der Ring oder die Ringe vollkommen kreisrund wären und den Mittelpunkt des Saturn zu ihrem eigenen Mittelpunkte hätten, ſo würde der Gleichgewichtszuſtand nicht ſtabil ſein; es iſt deshalb das gleichzeitige Stattfinden einer Excentricität und einer Umdrehungsbewegung

*) Siehe die Mémoires de l'Académie des sciences, Bd. VII, S. 11.

zur Erhaltung des Ringes nothwendig. In der That iſt dieſe Excentricität durch directe Beobachtungen nachgewieſen.

Es iſt gewiß, daß die excentriſche Lage des Saturnkörpers in Bezug auf den Ring bereits im Jahre 1684 von Gallet in Avignon angezeigt wurde. Bei ſeiner öſtlichen Quadratur, ſagt der erwähnte Aſtronom, ſcheint der Mittelpunkt des Planeten dem öſtlichen Rande des Ringes näher zu ſtehen. Die Urſache glaubte er, allerdings mit Unrecht, in einer Wirkung der jährlichen Parallaxe zu erblicken*)[7]).

Ohne die ſo weit zurückreichende Beobachtung des franzöſiſchen Aſtronomen zu kennen, machte Schwabe in Deſſau dieſelbe Bemerkung am 21. December 1827. Der dunkle zwiſchen dem Saturnringe und dem Planeten liegende Raum ſchien ihm im Oſten der Scheibe breiter als weſtlich von derſelben. Harding, dem dieſe Wahrnehmung mitgetheilt wurde, fand ſie beſtätigt, und ſchrieb darüber an Struve, welcher am großen dorpater Refractor den Unterſchied der beiden dunklen Räume mittelſt eines guten Fadenmikrometers zu beſtimmen unternahm. Er fand, daß der Abſtand im Oſten die weſtliche Diſtanz um 0″,21 übertraf, auf die mittlere Entfernung des Saturn von der Erde reducirt.

James South und John Herſchel erhielten durch ihre Meſſungen eine Differenz in demſelben Sinne, aber kleiner als die aus den Beobachtungen von Struve abgeleitete.

Im Jahre 1675 gewahrte Caſſini durch ein 34füßiges Fernrohr den dunkeln Streifen, welcher den Rändern parallel den Ring in zwei Theile von verſchiedener Helligkeit ſcheidet. „Der innere Theil,“ ſagte der große Beobachter, „iſt ſehr hell, der äußere dagegen etwas dunkler, ſo daß die Verſchiedenheit etwa an die Farbe des matten und polirten Silbers erinnert**).“

Schon vorher, am 29. Juni 1666, hatte Hooke ausgeſprochen, daß der Ring im Ganzen (von dem ſchwarzen Streifen iſt nicht die Rede) heller ſei, als der Planet***).

---

*) Journal des Savants, 12. Juni 1684.

**) Mémoires de l'Académie des sciences, Bd. X, S. 583.

***) Philosophical Transactions, Bd. I, S. 247.

Den Beobachtungen Caſſini's über die ungleiche Intenſität des Lichtes des äußeren und inneren Ringes fügte Herſchel die Bemerkung hinzu, daß der innere Ring auf ſeiner ganzen Breite nicht gleich hell iſt. „Von der Mitte an," ſagt der geſchickte Aſtronom, „ändert ſich Farbe und Helligkeit, ſo daß bei allmälicher Abnahme der Ring an ſeiner inneren kreisförmigen Begrenzung nur noch die Intenſität und die Farbe etwa der dunkeln Streifen der Planetenſcheibe beſitzt."

Wir ſchließen hier den Auszug eines der Akademie der Wiſſenſchaften vorgelegten Memoires von de Vico aus dem Jahre 1842 an: „Eines Abends hatte ich das Cauchoix'ſche Fernrohr auf Saturn gerichtet, deſſen Ring ſich in ſeiner glänzendſten Helligkeit zeigte, während der Körper des Planeten nicht allein von ſeinem gewöhnlichen Lichte verloren hatte, ſondern mit einem ſo düſteren, aſchenfarbigen Scheine glomm, daß es etwas Unheimliches hatte. Der Himmel war ſehr rein, und die Erſcheinung dauerte, ſo lange Saturn über dem Horizonte ſtand. Von dieſer Zeit an haben die römiſchen Aſtronomen den Saturn nicht aus dem Geſichte verloren, und die Ueberzeugung gewonnen, daß der Glanz und die Farbe des Planetenkörpers im Vergleiche mit dem hellen Glanze des Ringes ſehr veränderlich ſind."

In ſeinem Leben Clarke's erzählt Whiſton, daß deſſen Vater eines Tages einen Stern in dem ſchwarzen Zwiſchenraume zwiſchen dem inneren Rande des Ringes und dem benachbarten Planetenrande erblickte. Wenn dieſe Beobachtung ſicher wäre, ſo würde ſie den mathematiſch ſtrengen Beweis liefern, daß dieſer dunkle Zwiſchenraum von jeder undurchſichtigen Materie frei iſt*) [5].

Wie läßt ſich darthun, daß auch die ſchwarzen Streifen, welche den Ring theilen, leere Räume, und nicht vielmehr den Streifen auf der Jupiterſcheibe vergleichbar, nur dunkler als dieſelben ſind?

Um dieſe Frage zu beantworten braucht man in der That nicht den Fall abzuwarten, wo dieſe Streifen vor Fixſternen vorübergehen, denn dieſes ſehr ſeltene Zuſammentreffen würde äußerſt kurze Zeit dauern: allein der Durchgang des Saturn durch die Milchſtraße kann

*) Man ſehe die Optik von Smith, S. 440.

hinlängliche Aufklärung über dieſen Punkt liefern. Man wird dann ſehen, ob wenn die Streifen ſich vor den weißen Flecken befinden, an denen dieſe Region des Himmels ſo reich iſt, ihr Ausſehen von der Farbe des tiefen Schwarz, welches ſie gewöhnlich zeigen, etwas abweicht. Die bereits von Caſſini und beſonders von Maraldi gemachte Bemerkung, daß der Streifen auf den beiden Flächen des Ringes in derſelben Diſtanz vom äußeren Rande exiſtirt, hat offenbar nicht volle Beweiskraft, weil die unbekannte phyſiſche Urſache, von welcher die Streifen herrühren, in beiden Fällen auf dieſelbe Weiſe wirken muß *).

Es iſt vielleicht nicht überflüſſig, wenn ich bei dieſer Gelegenheit daran erinnere, daß die Entdeckung des äußeren ſchwarzen Streifens, welcher den Ring in zwei Theile ſcheidet, irrthümlich Herſchel zugeſchrieben wird: die beiden oben angeführten Mitglieder der Akademie der Wiſſenſchaften haben faſt ein Jahrhundert Priorität. Mit Unrecht haben demnach einige Aſtronomen ſich gewöhnt, den Streifen zwiſchen den beiden Ringen des Saturn die Herſchel'ſche Theilung zu nennen. Im Jahre 1789 ſchien Herſchel noch nicht völlig gewiß zu ſein, ob der ſchwarze Streifen, welcher ſich längs des ganzen Ringes hinzieht, eine Theilung zwiſchen zwei concentriſchen Ringen bedeute; man konnte, ſagt er, zweifelhaft ſein, ob dieſer Streifen von einem leeren Raume herrührte. Seine Beobachtungen von 1792 ließen erkennen, daß jene Linie auf beiden Flächen des Ringes und in gleichem Abſtande vom äußeren Rande vorhanden iſt; daß ſie beſtändig gleich breit und überall ſcharf begrenzt iſt; daß endlich unter günſtigen atmoſphäriſchen Verhältniſſen ſie völlig ſo ſchwarz erſcheint, wie der dunkle Raum zwiſchen Ring und Planeten. Nach der Geſammtheit dieſer Umſtände zweifelte Herſchel nicht mehr, daß an jener Stelle eine wirkliche Theilung zwiſchen zwei concentriſchen Lagen des großen Ringes ſtattfinde.

Neuerdings (1852) hat Hind behauptet, daß die Entdeckung der äußeren Theilung des Ringes im Jahre 1665 durch den Dr. Ball und W. Ball zu Minehoad in Nord-Devonſhire gemacht worden ſei *).

*) Hind, Solar System, S. 105.

Indeſſen ſagt Hind nicht, wo die Beobachtungen ſeiner Landsleute ſich aufgezeichnet finden.

Wenn es ſich um Dinge von der äußerſten Feinheit handelt, ſo nimmt man in der Regel nur das wahr, was man ſucht. Ich darf alſo wohl die Aufforderung an die Aſtronomen wagen, zu unterſuchen, ob der vom Ringe auf den Planeten geworfene Schatten nicht unter gewiſſen Umſtänden ſehr zarte Lichtfäden, hervorgerufen von dem durch die dunkeln Zwiſchenräume hindurchgegangenen Lichte, enthalten möchte; alsdann würde die Urſache der dunkeln Streifen, die Exiſtenz wirklicher Theilungen zwiſchen den Ringen, durch einen unwiderleglichen Beweis dargethan ſein.

Das Vorhandenſein anderer Streifen als des zuerſt von Caſſini angezeigten iſt zu wiederholten Malen behauptet worden; allein da dieſe Streifen nicht beſtändig ſichtbar waren, ſo konnte man den Gedanken hegen, ſie ſeien von gleicher Natur mit den Streifen des Jupiter. Die erſte Beobachtung dieſer Art, die zu meiner Kenntniß gekommen, rührt von Short her, welcher nach Lalande's Berichte mehrere concentriſche Linien auf der äußeren Partie des Ringes ſich abzeichnen ſah [10]). Indeſſen iſt zu bemerken, daß Short ſelbſt in Betreff dieſes Gegenſtandes Nichts veröffentlicht hat.

Herſchel gewahrte bei vier verſchiedenen Gelegenheiten einen zarten ſchwarzen Strich ganz nahe dem inneren Rande der weſtlichen Ringanſe: ein erſtes Mal am 19. Juni 1780 (mit einem 7füßigen Teleſkop von 6 Zoll Oeffnung, bei 200maliger Vergrößerung); zum zweiten Male am 20., das dritte und vierte Mal den 21. und 26. Juni, mit einem 20füßigen Teleſkope und 200facher Vergrößerung. Auf der Seite der öſtlichen Anſe hat er nie etwas Aehnliches wahrgenommen.

Der kleine am 26. Juni ſichtbare Strich war am 29. gänzlich verſchwunden. Hatte derſelbe ſeinen Grund in einer zweiten Theilung, ſo müßte man annehmen, daß die beiden durch die letztere geſchiedenen Ringtheile excentriſch waren, denn ſonſt würde die Theilung auf beiden Henkeln gleichmäßig hervorgetreten ſein.

Als Quetelet im December 1823 in Paris ein Fernrohr von Cauchoir probirte, glaubte dieſer Aſtronom gleichfalls eine doppelte Theilung des äußeren Ringes zu bemerken.

Am 17. December 1825 beobachtete Capitain Kater durch ein Newton'ſches Teleſkop von 6 Zoll Oeffnung und 3 Fuß Brennweite; a ſah auf dem äußeren Ringe zahlreiche und einander ſehr nahe ſchwarze Linien: auf dem inneren Ringe war nichts Derartiges zu bemerken.

Capitain Kater wiederholte dieſe Beobachtungen im Januar 1826, und bediente ſich dazu eines Dollond'ſchen Teleſkops; an gewiſſen Tagen traten die Erſcheinungen aus dem vorhergehenden Jahre wieder hervor, während ſie andere Male unſichtbar blieben, woraus der Beobachter den Schluß zog, daß ſie keinen permanenten Zuſtand darſtellten.

Am 25. April 1837 erkannte der Director der berliner Sternwarte, Encke, mittelſt des großen dort aufgeſtellten Refractors, daß der äußere Ring durch eine ſchwarze Linie in zwei Theile getheilt war. Am 28. Mai bemerkte derſelbe Aſtronom dieſen ſchwarzen Streifen zum zweiten Male, aber gleichzeitig überzeugte er ſich durch Meſſungen, daß die neue Theilung den äußeren Ring nicht in gleiche Theile ſchied. Die von Encke ausgeführten mikrometriſchen Meſſungen geben für die mittlere Entfernung des Saturn von der Erde folgende Werthe[11]):

Aeußerer Durchmeſſer des äußeren Ringes .	40"44
Durchmeſſer der neuen Theilung	37,47
Innerer Durchmeſſer des äußeren Ringes .	36,04

Dieſe Werthe ſcheinen anzudeuten, daß die geſehene neue Theilung der alten Trennung näher liegt, als dem äußeren Rande des Ringes*).

Am 19. Mai 1838 bemerkte de Vico in Rom mit dem großen Fernrohre von Cauchoix nicht allein den neu entdeckten Streifen auf dem äußeren Ringe, ſondern auch zwei ähnliche ſchwarze Linien auf dem inneren Ringe.

Ich laſſe den Auszug eines im Jahre 1842 durch den Director der Sternwarte in Rom, de Vico, veröffentlichten Aufſatzes folgen, in welchem ſich die genaueſten Angaben über die vielfachen Streifungen des Ringes finden.

---

*) Hind, Solar System, S. 108. [Der Originalbericht Encke's in Nr. 339 der aſtron. Nachrichten.]

1) Außer der dunkeln Linie Caſſini's iſt auf dem äußeren Theile des Ringes noch eine zweite, ſchmalere, vorhanden. Sie iſt vollkommen ſcharf, und erſcheint in einer ſo günſtigen Atmoſphäre, wie die römiſche, eben ſo ſchwarz, als der dunkle Zwiſchenraum zwiſchen Ring und Planeten. Sie iſt ohne Unterſchied zuweilen ſowohl auf der öſtlichen als weſtlichen Ringanſe ſichtbar, zuweilen auch nur auf dem einen Henkel; unter anderen Umſtänden iſt ſie gar nicht zu ſehen. Ein eifriger Beobachter des Saturnringes, Schwabe in Deſſau, nennt ſie die Encke'ſche Theilung. Aber worin liegt die Urſache und welches ſind die Geſetze ihres Hervortretens und Wiederverſchwindens? Darüber geben die Beobachtungen bis jetzt noch keine Auskunft. Wenn dieſe beiden Streifen wirkliche Trennungsſpalten ſind, ſo muß der Ring des Saturn mindeſtens dreifach ſein.

2) Auf der dem Körper des Planeten zunächſt gelegenen Abtheilung des Ringes bemerkt man eine dritte, gleichfalls ſchwarze Linie, aber von außerordentlicher Feinheit, welche dieſelben Erſcheinungen wie die beiden anderen darbietet. Sie iſt ſeltener ſichtbar und zeigt ſich auf der öſtlichen Anſe häufiger als auf beiden Henkeln zu gleicher Zeit. Mit dieſer neuen Theilung würde der Ring ein vierfacher ſein.

3) Zwiſchen dieſem letzten und dem Caſſini'ſchen Streifen iſt mehr als dreißig Male eine vierte ſehr zarte Linie beobachtet worden, bald nur auf einer, bald auf beiden Ringanſen. Wenn ſie unſichtbar iſt, ſo findet man an ihrer Stelle und in der nächſten Umgebung eine Art von Schatten oder Dunkelheit, welche den Glanz der beiden zur Seite liegenden Portionen des Ringes, d. h. der Theile, die einerſeits der Planetenkugel, andererſeits dem Caſſini'ſchen Streifen zunächſt liegen, beſſer hervortreten läßt. Wenn auch dieſe Linie ihren Grund in einer wirklichen Trennung hätte, ſo wäre der Saturn von fünf ſichtbaren Ringen umgeben. Die erwähnten Linien oder Streifen ſind zuweilen ſämmtlich zugleich wahrgenommen worden, und zwar mit großer Beſtimmtheit, aber ſehr ſelten und niemals ganz auf den beiden Ringanſen.

Im Jahre 1843 haben die Herren Laſſell und Dawes, mit einem 18füßigen Reflector, die Exiſtenz der Encke'ſchen Theilung beſtätigt, welcher ſie ein Dritttheil der Breite des zuerſt von Caſſini

geſehenen Streifens beimeſſen. Die Lage dieſer neuen Linie ſetzen ſie, in dieſem Punkte von den Reſultaten des berliner Aſtronomen abweichend, dem äußeren Rande näher als dem inneren des betreffenden Ringes.

Im November 1850 gewahrten Dawes und Laſſell einige Spuren eines feinen ſchwarzen Striches zwiſchen dem Caſſini'ſchen Streifen und dem äußeren Rande des Ringes.

Um zu entſcheiden, ob die ſchwarze von Caſſini entdeckte Linie eine wirkliche Trennungsſpalte iſt oder eine der Jupiterſtreifen ähnliche Erſcheinung; ſo wie, ob die beiden durch jene Theilung getrennten Ringe in einer und derſelben Ebene liegen oder nicht: dazu kann folgende allerdings ſehr feine, aber immerhin ausführbare Beobachtung dienen. Im Falle eine Theilung vorhanden iſt, wird die Breite der dunkeln Linie an den Krümmungen der beiden Henkel und in den zwiſchenliegenden Richtungen in demſelben Verhältniſſe verſchieden ſein, wie die Breite des Ringes ſelbſt; wenn an den Anſen die Breite des Streifens 1 beträgt, ſo kann der Werth in der Richtung des Planetencentrums nur $^1/_2$ ſein.

Wenn die beiden Ringe außerdem in verſchiedenen Ebenen liegen, ſo muß die Breite des Streifens nach einem anderen Geſetze variiren.

Nehmen wir jetzt an, daß der Ring gerade am Weiteſten geöffnet ſei, und daß durch eine gewiſſe Vergrößerung betrachtet, der ſchwarze Streifen ſich nicht mehr vor der Saturnſcheibe erkennen laſſe, ſo wird, wenn eine um die Hälfte geringere Vergrößerung den Streifen noch auf den Anſen zeigt, daraus hervorgehen, daß die Breite des Streifens an den Enden und in der Mitte ſich nach einem anderen Verhältniſſe ändert, als 2 zu 1, oder, was daſſelbe iſt, daß die beiden Ringe nicht in der nämlichen Ebene liegen können.

Das eben auseinandergeſetzte Verfahren hat den Vortheil, nicht die directe Meſſung der Ungleichheiten einer Linie zu verlangen, deren größte Breite kaum ſich durch unſere heutigen mikrometriſchen Apparate beſtimmen läßt[12]).

Fünftes Kapitel.

Streifen des Saturn. — Atmosphäre desselben.

Auf der Oberfläche des Saturn nimmt man mehrere, unter einander parallele matte Streifen wahr, welche in gewisser Rücksicht mit den Streifen Aehnlichkeit haben, die die Jupiterscheibe zuweilen bedecken, sich aber dadurch von den letzteren unterscheiden, daß sie eine sehr merklich gekrümmte Gestalt besitzen, während die Jupiterstreifen geradlinig erscheinen. Es knüpft sich hieran die Folgerung, daß wenn auf dem Saturn die Streifungen dem Aequator parallel laufen, die Ebene des letzteren gegen die Ebene der Ekliptik unter einem ziemlich beträchtlichen Winkel geneigt ist.

Die Streifen sind ferner nicht permanent, woraus hervorgeht, daß sie in einer den Saturn umgebenden atmosphärischen Hülle ihren Ursprung haben, auf deren Dasein wir gleichfalls aus der Bemerkung schließen dürfen, daß der Glanz des Planeten nicht constant ist. In der That ist klar, daß ein fester, von keiner Atmosphäre umgebener Körper uns stets mit derselben Helligkeit erscheinen müßte.

Die Beobachtung der matten Streifen auf der Kugel des Saturn ist weit schwieriger, als die der Jupiterstreifen, welche im Allgemeinen dunkler und aus diesem Grunde leichter sichtbar sind.

Nichtsdestoweniger hat Cassini im Jahre 1683 helle, und mithin dazwischen auch dunklere Streifen auf dem Körper des Saturn durch ein 40füßiges Fernrohr wahrgenommen.

Im Jahre 1762 sah Messier auf der Saturnscheibe mehrere Tage hindurch einen dunkeln Streifen, welcher etwas gekrümmt erschien, nach der in den Memoiren der Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 1776 gegebenen Beschreibung.

Derselbe Astronom beobachtete 1766 dunkle Streifen auf der Scheibe des Planeten, doch waren dieselben außerordentlich schwach und schwer zu erkennen.

1776 berichtet Messier, daß er auf der Saturnscheibe einen ebenso deutlichen Streifen wie die Jupiterstreifen gesehen habe.

Im Jahre 1793 beschrieb Herschel drei solche von ihm auf dem

Saturn beobachtete dunkle Streifen; ſie waren ſehr gekrümmt und dem zunächſt liegenden Theile des Ringes nahe parallel.

Auf der beigefügten Zeichnung ſind die Streifen dargeſtellt, als wenn ſie am Rande des Planeten aufhörten, allein dieſer im Text nicht erwähnte Umſtand kann in einem Mißverſtändniſſe des Kupferſtechers ſeinen Grund haben. Dieſe Erklärung iſt um ſo zuläſſiger, als die auf derſelben Platte enthaltene Abbildung der Jupiterſtreifen die letzteren gleichfalls bis zu dem Rande des Planeten fortgeſetzt zeigt.

In den Abhandlungen Herſchel's finden wir Beobachtungen von Saturnſtreifen, welche bis zu den Jahren 1775, 76, 77, 78 und 1780 zurückgehen. In dieſen Jahren waren die Streifen dem Ringe nicht genau parallel; der gewiſſenhafte Beobachter führt Neigungen bis zu 15 Graden an.

Mädler und Beer haben in ihren Beobachtungen aus den Jahren 1834 und 1835 ſtets nur einen Streifen auf der Saturnſcheibe wahrgenommen. Sie bemerkten, daß derſelbe ſich bis zum Rande des Planeten fortſetzte, und ziehen daraus den Schluß, doch ohne ſich ausführlicher über dieſen Punkt zu erklären, daß dieſer Streifen nicht atmoſphäriſchen Urſprungs ſei.

Herſchel bemerkte, daß die auf der Saturnſcheibe ſich zeigenden Streifen eines Abends ſehr verſchieden waren von denen, welche er den Tag vorher geſehen hatte. Auch nahm er an den Polargegenden des Saturn Veränderungen in der Lichtintenſität wahr, indem dieſe Regionen weniger weiß erſchienen, je länger ſie von der Sonne erleuchtet waren. Es ſcheinen folglich die ebenerwähnten Helligkeitsunterſchiede in die Claſſe der von Temperaturveränderungen abhängigen Phänomene zu gehören. Mag man ſie nun der Entſtehung von Eis und Schnee, oder einer Anhäufung von Wolken zuſchreiben, in beiden Fällen wird die Vorausſetzung einer Atmoſphäre erfordert.

Sechſtes Kapitel.

Von der Rotation, der Geſtalt und der Abplattung des Saturn.

Der Saturn beſitzt eine Umdrehungsbewegung um ſich ſelbſt, die er in 10 St. 24 Min. vollendet; die Axe, um welche er dabei rotirt, iſt um den zehnten Theil kürzer, als eine darauf ſenkrechte Axe, mit anderen Worten, als der Aequatorealdurchmeſſer des Planeten.

Bereits im Jahre 1683 beobachtete Caſſini auf der Kugel des Saturn Lichtphänomene, welche ihn zu der Annahme einer Axendrehung führten, doch gelang ihm noch nicht die genaue Beſtimmung der Umdrehungszeit. In dem Kosmotheoros von Huygens, einer Schrift, die eine Beſchreibung der hauptſächlichſten an den einzelnen Planeten beobachteten Erſcheinungen enthält, ſagt der große Geometer ausdrücklich, daß die Bewohner des Saturn ihre Tage und ihre Nächte haben, was das Stattfinden einer Rotationsbewegung um die eigene Axe vorausſetzt. Sollte Huygens, der in ſeinen aſtronomiſchen Arbeiten dem Saturn ſo viele Aufmerkſamkeit zuwandte, die Umdrehung deſſelben bereits durch directe Beobachtungen erkannt haben? Ich muß hier daran erinnern, daß der Kosmotheoros erſt ſieben Jahre nach dem Tode des Verfaſſers, im Jahre 1702 erſchienen iſt. Die Beſtimmung der Umdrehungszeit des Saturn war William Herſchel aufbehalten. Durch das anhaltende Studium einiger Unregelmäßigkeiten, welche die Streifen des Saturn zeigten, und einer ſcharfſinnigen Discuſſion aller Beobachtungen gelangte der Aſtronom von Slough im Jahre 1794 zu der Ueberzeugung, daß der Planet 10 St. 16 Min. braucht, um ſich um ſeine Axe zu drehen.

An die Wahrnehmbarkeit einer Abplattung des Saturn hatte vor W. Herſchel Niemand gedacht. Die Meſſungen des großen Aſtronomen, welche dieſe Thatſache außer Zweifel ſetzten, ſind vom September 1789 und ergeben für den Aequatorealdurchmeſſer den Werth von 22″,8, für den Polardurchmeſſer 20″,6. Doch müſſen wir aufrichtig bekennen, daß die einzelnen Beobachtungen, welche zu dieſen Zahlen als Mittelwerthen führen, keine ſo gute Uebereinſtimmung zeigen, als zu wünſchen wäre.

Im Jahre 1805 fügte Herſchel zu den Reſultaten ſeiner Vor-

ginger die Entdeckung eines ſehr ſonderbaren Umſtandes in der phyſiſchen Beſchaffenheit des Saturn. Der Mars und der Jupiter ſind abgeplattet, und zwar drehen ſich beide Planeten um den kürzeſten Durchmeſſer ihrer ſcheinbaren Scheibe, während dagegen der Durchmeſſer des Aequators am größten iſt, und die Länge der dazwiſchenliegenden Durchmeſſer durch allmählich wachſende Werthe von den Polen bis zum Aequator ausgedrückt wird. Die ganze Art, wie dieſe verſchiedenen Längen ſich aneinander reihen, berechtigt zu der Folgerung, die ſcheinbaren Scheiben als Ellipſen anzuſehen, und damit die Geſtalt eines jeden der beiden Planeten für die eines Revolutionsellipſoides, eines durch die Umdrehung einer Ellipſe um ihre kleine Are erzeugten Sphäroids zu halten. Nach Herſchel's Beobachtung kommt eine ſolche regelmäßige und einfache Form dem Saturnkörper nicht zu; ſtatt eine Ellipſe zu ſein, hat die ſcheinbare Planetenſcheibe vielmehr mit einem an den vier Ecken abgerundeten Rechtecke Aehnlichkeit, deſſen größte Länge in der Richtung der Ebene des Aequators liegt. Allerdings iſt auch hier der Polardurchmeſſer, um welchen als Are der Planet in $10^{1}/_{4}$ Stunde ſeine Umdrehung vollendet, der kürzeſte von allen; es iſt ferner der Durchmeſſer im Aequator beträchtlich länger, als der Abſtand der Pole; aber hier tritt die Eigenthümlichkeit auf, daß beim Saturn der Aequatorealdurchmeſſer nicht mit dem größten Durchmeſſer zuſammenfällt, welcher im Gegentheil gegen die Ebene des Aequators um einen von ſeinem Beobachter bald auf 46° 38′, bald auf 45° 31′, und zuletzt, infolge einer genaueren Meſſung, auf 43° 20′ geſchätzten Winkel geneigt iſt. An den Enden dieſes größten Durchmeſſers iſt die Krümmung der Scheibe ſehr augenfällig, während in der Gegend der Pole und des Aequators man im Gegentheil gerade Linien eine ziemlich große Strecke weit zu ſehen glaubt[13]).

Die Beobachtungen, deren Reſultate ich ſoeben angegeben habe, ſind in den Monaten April, Mai und Juni 1805 angeſtellt. Am 26. Mai beſchränkte ſich Herſchel in Betreff der unregelmäßigen Geſtalt der ſcheinbaren Saturnſcheibe nicht auf die einfache Wahrnehmung, ſondern führte mikrometriſche Meſſungen aus, welche ihm unter dem Aequator für die Länge des Halbmeſſers 11″,27, unter 45 Grad Neigung den Werth von 11″,98 gaben. Einen Tag ſpäter, 27. Mai,

ergaben wiederholte Meſſungen derſelben Halbmeſſer reſp. 11″,44 und 11″,88.

Um die Ueberzeugung zu gewinnen, daß dieſe eigenthümliche Geſtalt der Scheibe nicht etwa von zufälligen Unregelmäßigkeiten in der Krümmung des Spiegels im Teleſkope bedingt war, durch welches er zuerſt beobachtet, wandte Herſchel nach und nach ſein 7füßiges, ſein 10füßiges, ſein 20füßiges und ſelbſt ſein großes 40füßiges Teleſkop mit den verſchiedenſten Vergrößerungen ausgerüſtet, zur Verification an, und erhielt ſtets die Abweichung in demſelben Sinne.

Ich weiß in der That für die Urſache jener Unregelmäßigkeiten, an welche kein Aſtronom glauben mag, keine Erklärung zu geben; denn wohlverſtanden konnte jedes der Inſtrumente, deren ſich der gefeierte Aſtronom von Slough bediente, abwechſelnd auf Saturn und auf Jupiter gerichtet werden, als die beiden Planeten ſich zu gleicher Zeit über dem Horizonte befanden, und ſtets blieb Jupiter elliptiſch, während Saturn viereckig mit abgerundeten Ecken erſchien.

Man hat dieſe Anomalie aus gewiſſen Ungleichförmigkeiten in der Temperatur der Luftſäule herleiten wollen, welche im Rohre der Inſtrumente enthalten iſt; aber auch angenommen, daß dergleichen Ungleichheiten in Röhren aufträten, die an dem einen Ende vollſtändig offen ſind, und daß ſie regelmäßig und wirkſam genug ſein könnten, um den beobachteten Effect beim Saturn hervorzubringen: ſo würde man immer das Recht haben zu fragen, warum die nämlichen Urſachen nicht analoge Erſcheinungen bei den vom Jupiter ausgehenden Strahlen zur Folge haben.

Herſchel glaubte an eine phyſiſche Urſache für die Unregelmäßigkeit, die er in der Geſtalt des Saturn wahrgenommen hatte, und behauptete, daß die Anziehung des Ringes zu einer Zeit, wo die Maſſe des Planeten noch nicht erſtarrt war, jene Abweichung zur Folge gehabt haben könne; allein Beſſell hat bewieſen, daß die Anziehung des Ringes niemals die ſonderbare Form hervorbringen konnte, auf welche die Beobachtungen Herſchel's hinzudeuten ſcheinen [14]).

Siebentes Kapitel.

Von den Satelliten des Saturn.

Acht Satelliten begleiten den Saturn und umkreisen ihn in elliptischen Bahnen, deren Brennpunkte in das Centrum des Planeten fallen. Die Elemente ihrer Bahnen sind:

	Mittlere Entfernungen.	Siderische Umlaufszeiten.			
Erster Satellit	3,36	0 Tag	22 St.	37 Min.	23 Sec.
Zweiter Satellit	4,31	1	8	53	7
Dritter Satellit	5,34	1	21	18	26
Vierter Satellit	6,84	2	17	41	9
Fünfter Satellit	9,55	4	12	25	11
Sechster Satellit	22,14	15	22	41	25
Siebenter Satellit	28,00	21	7	7	41
Achter Satellit	64,36	79	7	53	40

Die Abstände der Monde vom Planeten sind in Theilen des Aequatorealhalbmessers des Saturnsphäroids ausgedrückt.

Fast alle Satelliten bewegen sich in Ebenen, die von der Ringebene nicht merklich verschieden sind, nur die Bahn des letzten Trabanten besitzt eine Neigung von etwa 12° 14′.

Zur Zeit seiner Entdeckung verschwand der achte Mond fast ganz, wenn er den östlichen Theil seiner Bahn durchlief, während er an anderen Stellen im Gegentheil sehr deutlich sichtbar war. Hieraus folgte erstens, daß dieser Trabant nicht gleiche Lichtstärke an allen Theilen seiner Oberfläche besaß, und zweitens, daß er sich um seine Axe drehte; denn da er der Erde stets seine weniger leuchtende Seite während seiner östlichen Digression zukehrte, so war man zu schließen berechtigt, daß der Mond dem Hauptplaneten in derselben Lage seine glänzende Hälfte zuwandte, und in derselben Zeit, in welcher er einen Umlauf um den Saturn vollendete, eine Umdrehung um sich selbst zurücklegte.

Dieses Gesetz der gleichen Revolutions- und Rotationsdauer haben wir bereits bei unserem Monde und bei den Jupitersatelliten gefunden; dasselbe scheint demnach in allen Trabantensystemen allgemeine Geltung zu besitzen.

Aus der aufmerksamen Betrachtung der vorstehenden Elementen-

überſicht hat ſich John Herſchel eine Bemerkung ergeben, welche wir nicht mit Stillſchweigen übergehen dürfen, weil ſie für die Theorie der Störungen der Saturnſatelliten von beſonderer Wichtigkeit iſt.

Die Umlaufszeit des dritten Satelliten iſt doppelt ſo groß, als die Umlaufszeit des erſten, und das gleiche Verhältniß findet beim vierten Trabanten in Bezug auf den zweiten ſtatt [15].

Der Ring, welcher den Planeten umgibt, verhindert die Wahrnehmung der Verfinſterungen der Saturnſatelliten, und eben ſo kann beim Vorübergange vor dem Planeten ihr Schatten nur unter ſehr ſeltenen Umſtänden beobachtet werden. Indeſſen finde ich, daß am 2. November 1789 William Herſchel den Schatten des ſechſten Satelliten ſehr deutlich vor der glänzenden Planetenſcheibe vorüberziehen ſah, welche Beobachtung allein ſchon ausreichen würde, um darzuthun, daß der Saturn kein eigenes Licht beſitzt.

Achtes Kapitel.

Hiſtoriſches über die Entdeckung der Saturntrabanten.

Am 25. März 1655 richtete Huygens nach dem Saturn zwei Fernröhre von 12 und von 23 Fuß Brennweite, deren Gläſer er ſelbſt verfertigt hatte, und entdeckte den erſten Trabanten, den je ein menſchliches Auge beim Saturn geſehen. Daſſelbe Inſtrument würde zur Auffindung noch anderer Monde hingereicht haben; allein Huygens fiel es nicht ein, danach zu ſuchen, weil ſeine eben gelungene Entdeckung die Zahl der Satelliten der Zahl der damals bekannten Planeten unſeres Sonnenſyſtems gleich machte, und man einer alten Anſicht zufolge, deren Einfluſſe der große Geometer ſich nicht zu entziehen vermochte, es für unmöglich hielt, daß die Anzahl der Hauptplaneten von der Geſammtzahl aller Nebenplaneten übertroffen würde. Sehr oft haben theoretiſche Vorſtellungen zu glänzenden Entdeckungen geführt, hier war die Wirkung eine gerade entgegengeſetzte; man weiß in der That nicht, was man zu jenem vorgeblichen kosmiſchen Geſetze ſagen ſoll, vor welchem das Genie eines Huygens ſich beugte.

Ende October 1671 erblickte Joh. Dom. Caſſini durch ein nur

17füßiges Fernrohr einen Satelliten, der sich in seinem Laufe weiter vom Hauptplaneten entfernte, als der Huygens'sche Trabant. Am 23. December 1672 entdeckte derselbe Astronom mit Hülfe eines 35-füßigen und eines 70füßigen Fernrohrs einen neuen Satelliten, dessen Bahn im Gegentheil von der des Huygens'schen Mondes umschlossen wurde.

Im Monat März 1684 endlich bemerkte Cassini noch zwei andere Saturntrabanten, zu deren Beobachtung er sich zweier Campani'schen Objective von 100 und von 136 Fuß Brennweite, und hierauf zweier neuen Objective von 90 und von 70 Fuß Brennweite bediente. Diese großen Linsen waren nicht in Rohre eingeschlossen: Cassini stellte dieselben bald auf der Sternwarte, bald auf der Spitze eines großen Balkens, bald endlich auf einem hölzernen Thurme oder Gerüste auf, welches von Marly nach Paris geschafft worden war.

Zur Feier dieser Entdeckungen ließ man eine Medaille anfertigen mit der Inschrift: Saturni satellites primum cogniti.

Die Umgebung des Saturn war so sorgfältig durchforscht, um Trabanten zu entdecken, daß ein neuer Fund nicht denkbar schien. Das Jahr 1789 zeigte das Irrige dieser Annahme, denn am 28. August dieses Jahres nahm Herschel in Slough durch sein großes 40füßiges Spiegelteleskop einen dem Ringe noch näher stehenden Satelliten wahr, als die fünf bisher beobachteten.

Dank der wunderbaren Stärke des riesigen Instrumentes folgte am 17. September 1789 die Entdeckung eines neuen, abermals zwischen dem Ringe und dem letzterwähnten Satelliten stehenden Begleiters des Saturn. Dieser siebente Trabant ist von außerordentlicher Schwäche, doch gelang es Herschel, ihn unter besonders günstigen Umständen noch durch seinen 20füßigen Reflector zu erkennen.

Die Bahnen der beiden letztentdeckten Satelliten haben sehr kleine Dimensionen, und befinden sich mithin oft hinter dem Planeten oder stehen vor der Scheibe desselben; in anderen Fällen sind sie dem Ringe so nahe, daß sie in dem Lichte desselben gänzlich verschwinden und gewissermaßen ausgelöscht werden. Wenn der Ring uns seine schmale Seite zukehrt und unseren Blicken in der Gestalt einer ungemein zarten

Lichtlinie erſcheint, ſo werden längs dieſer Linie die Satelliten wie glänzende und bewegliche Perlen ſichtbar.

Man kannte jetzt ſieben Begleiter des Saturn, von denen der dem Planeten zunächſtſtehende, wie aus der Tafel der Umlaufszeiten im vorigen Kapitel zu erſehen, ſeine Bahn in 22 bis 23 Stunden zurücklegt. Ein Mond, der ſeinen ganzen Umlauf in weniger als einem Tage vollendet, iſt gewiß keine der geringſten Merkwürdigkeiten des merkwürdigſten unter allen Planeten, welche das Firmament den Blicken des Menſchen darbietet. Caſſini hatte bereits bemerkt, daß die Revolutionszeiten und die Dimenſionen der Bahnen der beiden von ihm 1684 entdeckten Satelliten dem dritten Keppler'ſchen Geſetze genügen.

Ein letzter Begleiter, der achte, wurde im September 1848 faſt gleichzeitig von Bond in Cambridge in den Vereinigten Staaten, und von Laſſell in Liverpool in England aufgefunden. Dieſer Satellit ſteht zwiſchen dem Caſſini'ſchen Trabanten, dem entfernteſten von allen, und dem von Huygens entdeckten.

Die langen Zwiſchenzeiten, welche zwiſchen den verſchiedenen ihrer Zeitfolge nach von uns aufgezählten Entdeckungen verfloſſen, erklären ſich aus den mit dieſen Beobachtungen verknüpften Schwierigkeiten. Dem Pater de Vico und ſeinen Mitarbeitern am Collegio Romano war es aufbehalten den Beweis zu führen, daß die kleinſten Saturntrabanten auch durch Inſtrumente von mittelmäßiger Stärke geſehen und beobachtet werden können. Es iſt dazu erforderlich, den Ring und den Planeten mit einem undurchſichtigen Schirme zu verdecken, indem das von beiden ausgeſtrahlte Licht hinreicht, um in unſerem Auge das ſchwächere Licht der inneren Satelliten auszulöſchen. Nicht ohne Ueberraſchung ſieht man hier den Ring des Saturn die Rolle eines blendenden Körpers ſpielen.

Damals, als die Satelliten des Saturn zum erſten Male aufgefunden wurden, bezeichnete man ſie durch Zahlen, welche die Reihenfolge ihrer Entdeckung ausdrücken ſollten. So nannte man den zuerſt beobachteten den erſten, den nach ihm entdeckten den zweiten Trabanten u. ſ. f. Da aber dieſe Monde nicht in der Ordnung ihrer Entfernung vom Hauptplaneten oder ihrer Größe aufgefunden worden ſind, ſo machte ſich das Bedürfniß fühlbar, zur Vermeidung jeder Con-

sionen, an Stelle der eine Reihenfolge in der Zeit oder in der Größe ausdrückenden Zahlen ganz willkürlich gewählte Namen einzuführen.

Dies geschah im Jahre 1847, wo John Herschel den bis jetzt bekannten acht Satelliten, in der Reihenfolge ihrer mittleren Abstände vom Saturn, folgende Namen beilegte: Mimas (der nächste am Planeten), Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion (seitdem entdeckt) und Japetus.

Wird etwa später ein neunter Trabant entdeckt, so schiebt man ihn an seiner Stelle ein, ohne daß die 1847 angenommene Nomenclatur eine Aenderung zu erleiden braucht.

Die folgende Tabelle stellt die Geschichte der Entdeckung der Saturnsatelliten übersichtlich dar.

Satelliten nach ihren Abständen vom Saturn.	Namen der Satelliten.	Reihenfolge ihrer Entdeckung.	Namen der Entdecker und Zeit der Entdeckung.
1	Mimas	7	Herschel, 17. Sept. 1789.
2	Enceladus	6	Herschel, 28. Aug. 1789.
3	Tethys	5	Cassini, März 1684.
4	Dione	4	Cassini, März 1684.
5	Rhea	3	Cassini, 23. Dec. 1672.
6	Titan	1	Huygens, 25. März 1655.
7	Hyperion	8	Bond und Lassell, Sept. 1848.
8	Japetus	2	Cassini, Oct. 1671.

Die Entfernung des Mimas beträgt vom Mittelpunkte des Saturn gerechnet 26063 geographische Meilen, von der Oberfläche des Planeten 18310 Meilen, vom Ringe endlich 6901 Meilen.

Titan ist der größte unter den Saturntrabanten, und zeigt einen scheinbaren Durchmesser von etwa $^1/_{16}$ mit dem seines Hauptplaneten verglichen.

Neuntes Kapitel.

Von der Rotation des Saturnringes.

Das Stattfinden einer Rotationsbewegung des Ringes des Saturn um sich selbst ist vielfach bestritten worden. Herschel drückt sich folgendermaßen aus:

„Man nimmt von Zeit zu Zeit auf der Oberfläche des Ringes, kurz vor dem Verſchwinden oder bald nach dem Wiedererſcheinen deſſelben, gewiſſe Ungleichheiten wahr, welche nicht ohne Grund reell genannt werden können, denn allem Anſcheine nach haben ſie ihren Urſprung in leuchtenden durch die Wirkung der Irradiation vergrößerten Flecken.“

Im Jahre 1790 machte William Herſchel die Bemerkung, daß die Beobachtungen ſolcher beſonderen Flecken zu einer Zeit, wo der Ring ſich von ſeiner ſchmalen Seite zeigte und jene Punkte wie Protuberanzen ausſahen, mit den Stellungen der damals bekannten ſieben Satelliten durchaus nicht in Einklang zu bringen waren. Sollte man daraus auf das Daſein eines neuen Trabanten ſchließen? Durch die Annahme eines ſolchen konnte den Beobachtungen Genüge geleiſtet werden, wenn man ihm eine Umlaufszeit von 10 St. 12 Min. 15 Sec. beilegen wollte. Nach dem dritten Keppler'ſchen Geſetze würde damit der Trabant im Ringe ſelbſt, d. h. zwiſchen der äußeren und inneren Begrenzung deſſelben ſtehen. Will man alſo nicht vorausſetzen, was kaum Jemandem einfallen möchte, daß die Materie des Ringes von einer hinreichend flüſſigen Beſchaffenheit ſei, um den Lauf eines Satelliten nicht zu hemmen, ſo iſt man genöthigt die beobachteten Flecken für integrirende Theile des Ringes anzuſehen, und erhält 10 St. 12 Min. 15 Sec. für die Umdrehungszeit dieſer ungeheuern Brücke. Die leuchtenden Flecken, deren Fortbewegung zu dieſem Werthe führte, lagen auf dem äußeren Ringe.

Wir gehen zur Aufzählung von Thatſachen über, welche mit der aus Herſchel's Beobachtungen gezogenen Folgerung in Widerſpruch zu ſtehen ſcheinen. Am 8. December 1671 bemerkte Caſſini, daß nur die eine Ringanſe noch ein wenig ſichtbar war, was ſich kaum anders erklären ließ als durch die Annahme, daß der Ring, ſtatt vollkommen flach zu ſein, gewiſſe Ausbiegungen beſaß. Da die beobachtete Erſcheinung lange Zeit fortdäuerte, ſo war nicht denkbar, daß die Protuberanz durch eine raſche Rotationsbewegung von einer Seite des Planeten nach der anderen hinübergeführt würde.

Am 12. October 1714 beobachtete Maraldi den Saturn mit einem einzigen Henkel auf der weſtlichen Seite; am 22. März 1715

sah derselbe Astronom blos eine schwache Spur der westlichen Anse, während auf der Ostseite gar Nichts zu entdecken war. Ebenso nahm Varela am 6. October 1773 zu Cadix nur die westliche Anse wahr, und zwar viel längere Zeit hindurch, als erforderlich gewesen wäre, um vermöge der angenommenen Umdrehungsbewegung den sichtbaren Theil des Henkels von der Westseite nach der Ostseite hinüberzuführen.

Herschel selbst erblickte im Jahre 1774 nur einen Henkel des Saturn, und keineswegs als vorübergehende Erscheinung. Am 4. Januar 1803 konnte Harding nur westlich vom Planeten Spuren des Ringes unterscheiden und nahm an der sehr feinen auf dieser Seite sichtbaren Linie eine merkliche Hervorragung wahr, welche ihren Ort nicht veränderte, und wie die Rechnung ergab, von keinem Trabanten herrühren konnte. Am 14. Januar war die Lichtlinie zu beiden Seiten des Planeten zu sehen, und die von Harding das erste Mal beobachtete Hervorragung befand sich an der nämlichen Stelle. Zwei neue von Schröter entdeckte Protuberanzen wurden die ganze Nacht hindurch gesehen, ohne während der achtstündigen Dauer der Beobachtungen von der Stelle zu rücken. An den folgenden Tagen wurden Spiegeltelescope von 7 und 13 Fuß Brennweite und ein Dollond'sches 10-füßiges Fernrohr angewendet; das Resultat war das nämliche.

Du Sejour leitete aus der sorgfältigen Untersuchung eines mehrmaligen Verschwindens des Ringes die Folgerung ab, daß seine beiden Flächen nicht gleiche Reflexionsfähigkeit für das Sonnenlicht besitzen. Weitere Beobachtungen allein werden über diesen Punkt zu entscheiden gestatten, den wir der Aufmerksamkeit der Astronomen empfehlen wollen.

Die Beobachtungen von Harding und Schröter, so wie die von 1774, 1773, 1714 und von 1671 bestätigen das von Herschel im Jahre 1790 aus seinen Beobachtungen geschöpfte Resultat nicht. Es handelt sich hier um die Hebung einer Schwierigkeit, die einen sehr wesentlichen Punkt des Sonnensystems betrifft, denn die Unbeweglichkeit des Ringes scheint mit den Grundsätzen der Mechanik schwer vereinbar zu sein. Fragt man, warum der Schlußstein eines Gewölbes oder Gewölbebogens dem Einflusse der irdischen Schwere nicht nachgibt, welche ihm die Tendenz zum Fallen mittheilt, so findet man den Grund

darin, daß der Stein vermöge seiner Form von dem Gewölbe nur dann sich loslösen könnte, wenn die beiden benachbarten Steine, mit denen er in Berührung steht, entfernt würden. Daraus folgt, daß jene Tendenz, nach dem Mittelpunkte der Erde sich zu bewegen oder zu fallen, sich in einen doppelten nach links und rechts auf die beiden benachbarten Steine ausgeübten Druck transformirt. In einem Gewölbe jedoch, das in einer gewissen Höhe rings um die Erde läuft, läßt sich jeder Stein als Schlußstein ansehen, so daß der gesammte Bau unversehrt bleiben muß, weil alle die entstehenden Druckkräfte, von denen wir gesprochen, sich gegenseitig unter einander das Gleichgewicht halten. Demnach würde dem momentanen Bestande eines Gewölbebogens, der sich wie ein Kranz ohne Stützen oder Pfeiler um den Aequator der Erde herumzöge, nichts den elementaren Principien der Mechanik Widerstreitendes im Wege stehen. Es tritt blos die nothwendige Bedingung hinzu, daß wenn man dem Gleichgewichte dieses Gewölbes Dauer sichern will, alle seine Theile gleichmäßig von der Erde angezogen werden müssen, und diese Bedingung weist offenbar jenen Zustand als den eines labilen oder nicht ständigen Gleichgewichtes nach, welches durch tausend Umstände, wie den zufälligen Vorübergang eines Kometen, oder selbst durch die regelmäßige Einwirkung des Mondes zerstört werden könnte. Dergleichen störende Ursachen würden bewirken, daß die ganze Brücke auf die Erde stürzte. Im Wesentlichen nun finden diese hypothetischen Schlußfolgerungen auf den den Saturn umgebenden Ring Anwendung. Wenn dieser Ring keine Umdrehungsbewegung um sich selbst besäße, so wäre seine Masse ohne Zweifel schon auf den Planeten gestürzt und hätte den Zwischenraum, der beide jetzt trennt und den wir als unveränderlich anzusehen allen Grund haben, in der einen oder der anderen Richtung fallend zurückgelegt.

Laplace hat die Bedingungen untersucht, denen der Ring genügen muß, um unverändert zu bestehen, selbst wenn man ihn als flüssig annehmen wollte, und ist so auf die Nothwendigkeit einer Umdrehungsbewegung um seinen Mittelpunkt geführt worden, deren Dauer $10^1/_4$ Stunde beträgt, was mit den Beobachtungen Herschel's von 1790, wie man sieht, vollkommen übereinstimmt.

Eine gleich wesentliche Bedingung für die Stabilität des Ringsystemes ist die Forderung, daß der Schwerpunkt des Ringes mit dem Mittelpunkte des Planeten nicht mathematisch zusammenfalle, so daß während der Rotation des Ringes jener etwas excentrische Schwerpunkt wie ein Trabant nach dem Mittelpunkte des Saturn gravitirt, mit dem Unterschiede jedoch, daß weil er blos ideal ist, man sich seine Bewegung als im Inneren der den Planetenkörper bildenden Masse vor sich gehend vorzustellen hat. Wir verdanken diese Resultate den Arbeiten von Laplace; dieser große Geometer war folglich selbst am meisten dabei interessirt, ein Mittel zu finden, um die Beobachtungen Herschel's mit den scheinbar damit unvereinbaren Resultaten von Schröter und Harding in Einklang zu bringen.

Mit Hülfe der Analysis hat Laplace gezeigt, daß wenn die Breite des Ringes nur klein ist im Verhältniß zu seinem Abstande vom Mittelpunkte des Saturn, Gleichgewicht möglich ist, sobald die erzeugende Curve eine Ellipse bildet, deren große Are nach dem Centrum des Planeten gerichtet ist. Es findet ferner das Gleichgewicht noch statt, wenn man für die verschiedenen Punkte der Ringperipherie die erzeugende Ellipse von veränderlicher Größe und Lage annimmt, unter der Voraussetzung jedoch, daß diese Variationen nur merklich werden in weit größeren Entfernungen, als die Are des erzeugenden Schnittes beträgt. Also kann man sich den Ring in seinen verschiedenen Theilen ungleich breit denken, und darf ihm sogar eine doppelte Krümmung beilegen. „Auf solche Ungleichheiten," fügt Laplace hinzu, „weisen die Phänomene des Verschwindens und Wiedererscheinens des Ringes hin, wobei die beiden Ansen sich verschieden zu verhalten pflegen; sie sind selbst nothwendig, um den Ring im Gleichgewichte um den Planeten schwebend zu erhalten; denn wäre er in allen seinen Theilen vollkommen symmetrisch, so würde die leiseste Kraft, wie z. B. die Anziehung eines Satelliten, sein Gleichgewicht stören, und der Ring schließlich auf den Planeten stürzen. Die den Saturn umgebenden Ringe sind demnach als feste Körper von unregelmäßiger Gestalt und ungleicher Breite an den verschiedenen Punkten ihrer Peripherie anzusehen, dergestalt daß ihre Schwerpunkte nicht mit ihren geometrischen Mittelpunkten zusammenfallen. Diese Schwerpunkte lassen sich nun

mit ebenſovielen Satelliten vergleichen, die ſich um den Mittelpunkt des Saturn in der nöthigen von den Ungleichheiten der Ringe abhängenden Entfernung und mit Winkelgeſchwindigkeiten bewegen, welche den Rotationsgeſchwindigkeiten der zugehörigen Ringe gleich ſind. Man begreift, daß dieſe Ringe, der ſtörenden Einwirkung ihrer gegenſeitigen Anziehung, der Sonne und der Trabanten des Saturn ausgeſetzt, um den Mittelpunkt dieſes Planeten oscilliren und dadurch Lichtphänomene hervorbringen müſſen, deren Periode mehrere Jahre umfaßt."

Wenn die in verſchiedenen Abſtänden vom Planeten ſchwebenden Ringe einerſeits durch die Wirkung der Sonne nothwendigerweiſe verſchiedene Präceſſionsbewegungen erfahren, ſo müſſen andererſeits infolge der Abplattung des Planeten ihre Ebenen fortwährend genau zuſammenfallen, ſo daß ſchließlich alle Beobachtungen ihre genügende Erklärung in den Geſetzen der allgemeinen Gravitation finden.

Zehntes Kapitel.

Hat der Ring des Saturn durch den Schweif eines Kometen entſtehen können, der in ſeinem Laufe dem Planeten etwa ſehr nahe gekommen iſt?

Es iſt nicht zu verwundern, daß eine ſo auffallende Zuſammenſtellung, wie wir ſie beim Saturnſyſtem finden, die Einbildungskraft aller derer lebhaft beſchäftigt hat, welche ſich mit kosmogoniſchen Ideen tragen. Indeß muß man bekennen, daß ihre Bemühungen weit hinter den Phänomenen zurückgeblieben ſind, deren Erklärung ſie anſtrebten.

Maupertuis glaubte, daß der Ring durch den Schweif eines Kometen entſtanden ſei, den die Anziehungskraft des Saturn um ihn zu kreiſen gezwungen habe; dabei wäre der Komet zu einem Satelliten und der Schweif zum Ringe geworden.

Mairan behauptete, der Saturn ſei urſprünglich eine Kugel von weit beträchtlicherer Größe als heute geweſen, und der Ring ſtelle den Ueberreſt des früheren Aequator vor, nachdem der Planet durch Erſtarrung oder Abkühlung auf ein viel kleineres Volumen reducirt worden.

Buffon dachte wie ſein College von der Akademie der Wiſſen-

ſtanten, daß der Ring anfänglich einen integrirenden Theil des Planeten gebildet und infolge der Centrifugalkraft ſich von demſelben abgelöſt habe.

Endlich hatte ſich früher Caſſini II. (Jacob Caſſini) den Ring als Aggregat von einer Menge Satelliten vorgeſtellt, deren Bahnen einander ſo nahe laufen ſollten, daß in der Entfernung, in welcher wir uns vom Saturn befinden, der Eindruck eines zuſammenhängenden Körpers erhalten würde. Bei dieſer Vorſtellungsweiſe, gegen welche ſich übrigens ernſthafte Bedenken erheben laſſen, würde die Bildung des inneren ſeit 1850 beobachteten Ringes*) vielleicht leichter zu erklären ſein. Doch ſind dies Dinge ſehr ſchwieriger Natur, welche ich mich hier beſcheiden muß der Aufmerkſamkeit der Aſtronomen und Geometer zu empfehlen.

Bei den Verſuchen der Kosmologen, auf den Urſprung der Dinge zurückzugehen, um die merkwürdige Geſtaltung des Saturn zu erklären, welche ſich unter den Millionen von Sternen, die unſer Auge am Firmamente wahrnimmt, vielleicht nicht zum zweiten Male wiederholt, hat man ſich ziemlich freie Verfügung über die chaotiſche Materie gegönnt, die vor der Bildung der Planeten den Raum erfüllen ſollte. In der That iſt es trotz des keineswegs beſchränkten Gebrauches, den man von der Attractionskraft im Vereine mit gewiſſen Umdrehungsbewegungen gemacht, kaum gelungen, dem Saturn eine nur entfernt an die in unſeren Fernröhren beobachteten Erſcheinungen erinnernde Geſtalt zu verſchaffen. Die Anſicht, daß der Ring des Saturn aus dem Schweife eines Kometen entſtanden ſei, der in ſeinem Laufe dem Planeten allzu nahe gekommen, haben jene Conjecturalaſtronomen in folgender Weiſe zu begründen verſucht.

Es läßt ſich nicht leugnen, daß wenn ein die Sonne in einer großen Ellipſe umkreiſendes materielles Theilchen einem Planeten von hinreichender Maſſe ſehr nahe kommt, daſſelbe durch die Anziehung des Planeten von ſeinem urſprünglichen Laufe beträchtlich abgelenkt zu werden vermag. Es iſt ſelbſt nicht ſchwer, in jedem Falle die erforderliche Intenſität der Anziehungskraft numeriſch zu berechnen, da-

*) Siehe oben Kapitel 3, S. 355.

mit das Theilchen sein früheres Bewegungscentrum verlassen und wie ein Trabant um den störenden Planeten sich weiterbewegen muß. Was die Attraction des Planeten in Bezug auf ein erstes Molecül bewirkt, kann sich auch in Bezug auf ein zweites, drittes u. s. w. ereignen, sobald nur diese materiellen Theilchen die nöthigen Bedingungen rücksichtlich ihrer Entfernung und ihrer Geschwindigkeit erfüllen. Alle die Molecüle, welche ursprünglich die nämliche Linie in der Nähe eines Planeten durchliefen, werden auf diese Weise zu einer Reihe von Satelliten, die genau in derselben Curve den Planeten umkreisen. Wenn nun weiter die Molecüle anfänglich ungemein nahe auf einander folgten, und in sehr großer Anzahl waren, mit einem Worte, wenn sie eine hinlänglich große Linie ausfüllten, so werden sie nach der geschehenen Abbeugung von ihrer Richtung einen geschlossenen Ring bilden, der aus der Ferne als continuirlich und äußerst dünn erscheint.

Was hier von einem ersten geradlinigen Streifen gesagt worden, muß Wort für Wort für alle anderen mehr oder minder vom Planeten entfernten Streifen gelten, so lange gewisse Grenzen ihrer Abstände nicht überschritten werden.

Was nun auch im Uebrigen die Beschaffenheit eines Kometenschweifes sein mag, so scheint es immerhin gestattet, ihn mit einem Büschel solcher aus materiellen Theilchen bestehenden Elementarstreifen zu vergleichen, wie wir eben betrachtet haben. Beim Vorübergange vor einem großen Planeten muß folglich jeder dieser Streifen, wie oben erklärt, eine Abbeugung erleiden, und ihre Gesammtheit die Gestalt einer ringförmigen Hülle von sphärischer oder elliptischer Krümmung annehmen, deren Mittelpunkt oder deren Brennpunkt mit dem Centrum des Planeten sehr nahe zusammenfällt.

So sind wir durch mathematische Schlüsse zu einer ringförmigen Umhüllung, zu einer Art schwebenden Gewölbes gelangt. Wenn eine derartige Gestaltung bei einem Planeten beobachtet würde, so könnte man im Vorhergehenden eine plausible Erklärung für das Geheimniß ihrer Bildung finden. Allein der Ring des Saturn führt nicht ohne Grund den Namen eines Ringes: er ist von beträchtlicher Breite, besitzt aber eine ausnehmend geringe Dicke, so daß er fast als Fläche angesehen werden kann. Wenn ein Büschel geradliniger molecu-

larer Streifen bei ſeiner Biegung um einen Planeten die Figur des Saturnringes annehmen ſoll, ſo iſt erforderlich, daß der gedachte Büſchel urſprünglich ſelbſt in einer Fläche ausgebreitet war. Die Beſtandtheile eines Kometenſchweifes jedoch ſind im Raume zu einem Cylinder oder Kegel gruppirt, und es iſt kein Fall bekannt, wo ſie eine ebene Schicht faſt ohne alle Dicke gebildet hätten. Es geht daraus hervor, daß wenn man die materiellen Theilchen eines Kometenſchweifes einzeln für ſich und als von einander gänzlich unabhängig anſieht, durch ihre veränderte Bewegungsrichtung in der Nähe eines Planeten die Geſtalt eines flachen Ringes nicht entſtehen kann.

Warum aber, wird man einwerfen, ſoll man den Schweif eines Kometen nicht als ein elaſtiſches Fluidum anſehen, etwa wie unſere Atmoſphäre oder ſo viele andere gasförmige Subſtanzen, die uns die neuere Chemie kennen gelehrt? Hierauf iſt zu erwidern, daß ein ſolcher Vergleich durch Nichts gerechtfertigt ſein würde. Mag man die inneren und die äußeren Schichten eines Kometenſchweifes mit einander vergleichen, oder auf die Betrachtung ſeiner Baſis die ſeines anderen Endes folgen laſſen: in keinem Falle findet man eine Andeutung jener allmälich wachſenden Verdichtungen, welche das charakteriſtiſche Merkmal der elaſtiſchen Fluida bilden. Selbſt angenommen, für den Augenblick, daß der lange Schweif Elaſticität beſitze und um einen Planeten eine weite atmoſphäriſche Umhüllung erzeugen könne, ſo würde ſich die letztere im Sinne ihrer Rotationsaxe abplatten und rings um den Aequator eine große Ausdehnung annehmen. Davon iſt aber noch ein weiter Abſtand bis zu dem Ringe des Saturn von faſt unmerklicher Dicke, der in allen ſeinen Punkten durch einen Zwiſchenraum von 5000 Meilen vom Planetenkörper getrennt iſt. Will man den Ring vielleicht durch materielle Theile ſich gebildet denken, die ſich an den äußeren Grenzen der rotirenden Atmoſphäre ablagerten? Die Annahme möchte zuläſſig erſcheinen, aber was würde dann durch die Einmiſchung eines Kometen gewonnen; könnten jene Niederſchläge, jene Anhäufungen dichterer Theile nicht ebenſogut in der urſprünglichen Atmoſphäre des Planeten ſich bilden?

Maupertuis war, wie bereits erwähnt, der erſte, der den Saturnring als das Erzeugniß eines infolge der mächtigen Anziehung des

Planeten um denſelben aufgewickelten Kometenſchweifes betrachtete. Als ſeine Abhandlung in den Philosophical Transactions zu London erſchien, wußte man bereits, daß der Ring nicht einfach ſei, ſondern aus zwei unterſchiedenen, durch eine ſchmale Spalte getrennten Ringen beſtehe; daß ihr Licht, und vornämlich das der inneren Abtheilung, das Licht der Saturnſcheibe an Helligkeit übertreffe; daß alſo aller Wahrſcheinlichkeit nach die Materie der Ringe dichter ſei als die des Planeten, u. ſ. w. Alle dieſe Umſtände ließ Maupertuis unberückſichtigt, und that ihrer nicht einmal Erwähnung; für ihn reducirte ſich das Geheimniß auf die Erklärung, wie eine leuchtende Hülle den Saturn rings umgeben könne. Eine ſo vage Theorie verdiente kaum vor hundert Jahren einige Aufmerkſamkeit. Auch habe ich ihre Kritik nur um deswillen mit aufgenommen, weil ich mich der Verpflichtung unterzogen, eine vollſtändige Aufzählung der vorgeblichen kometariſchen Einflüſſe auf die kosmiſchen Phänomene zu liefern.

Dreißigſtes Buch.

Uranus.

Erſtes Kapitel.

Anſehen des Uranus. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Der Planet Uranus wurde anfangs auch Georgium sidus, ſowie nach ſeinem Entdecker Herſchel genannt. Der Tag ſeiner Entdeckung iſt der 13. März 1781.

Das aſtronomiſche Zeichen für Uranus iſt ♅ [1]).

Die Bewegung des Uranus iſt während des größten Theiles des Jahres rechtläufig oder von Weſt nach Oſt gerichtet. Man erkennt leicht, daß er einige Zeit vor und einige Zeit nach der Oppoſition ſtationär, und in dem dazwiſchen liegenden Zeitraume rückläufig iſt. Am Tage der Oppoſition erreicht ſeine rückläufige Geſchwindigkeit ihr Maximum. Der ganze Bogen zwiſchen dem jährlichen Stillſtande vor der Oppoſition und dem unmittelbar darauffolgenden Stillſtande beträgt 3° 45′. Die Dauer eines ſynodiſchen Umlaufes des Planeten oder die Zeit, welche zwiſchen zwei Conjunctionen verfließt, beläuft ſich auf 369 Tage.

Uranus bietet uns alſo in ſeiner Bewegung ähnliche Erſcheinungen dar, wie wir ſie bei den von Alters her bekannten Planeten Mars, Jupiter und Saturn kennen gelernt haben.

Seinem Glanze nach würde Uranus unter die Sterne ſechſter Größe zu rechnen ſein; auch ſieht man ihn bisweilen mit bloßen Augen.

An der Scheibe des Uranus bemerkt man keine Spur von Phasen.

Die sideriſche Umlaufszeit des Planeten beträgt in mittlerer Zeit 30686,8 Tage, oder ungefähr 84 unſerer Jahre. Seine mittlere Entfernung von der Sonne iſt 19,18 Mal größer als der Radius-vector der Erdbahn, oder gleich $396^1/_2$ Millionen geographiſche Meilen. Die Neigung ſeiner Bahn gegen die Ebene der Ekliptik iſt 46′ 28″, und die Excentricität der von ihm beſchriebenen Curve 0,47. Wird die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne gleich 1 geſetzt, ſo ſteigt der Perihelabſtand des Uranus von der Sonne auf 18,28, und der Aphelabſtand auf 20,08.

Die Länge des Perihels beträgt 167° 30′ 24″; die Länge des aufſteigenden Knotens 72° 59′ 21″, und die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 173° 30′ 37″.

Setzen wir die leuchtende und wärmende Kraft der Sonne auf der Oberfläche der Erde gleich 1, ſo wird dieſelbe auf der Oberfläche des Uranus 0,003; oder anders ausgedrückt, Licht und Wärme langen auf dem Uranus nur mit einer Intenſität $= {}^1/_{368}$ an, wenn die Intenſität auf der Oberfläche der Erde zur Einheit genommen wird.

Nach Bouvard würde die Maſſe des Uranus $^1/_{17918}$ und nach Lamont $^1/_{24605}$ ſein, die der Sonne gleich 1 geſetzt. Die Dichtigkeit des Planeten iſt 0,18, die der Erde gleich 1 geſetzt, und die Schwere auf ſeiner Oberfläche beträgt 1,05, wenn ſie mit der auf der Oberfläche der Erde ſtattfindenden als Einheit angenommenen Schwere verglichen wird [2]).

Zweites Kapitel.

Geſchichte der Entdeckung des Uranus.

Die Entdeckung des Planeten Uranus iſt eine der wichtigſten Bereicherungen, auf welche die neuere Aſtronomie mit Recht ſtolz ſein kann; daher wird ſich Niemand wundern, wenn ich die Geſchichte derſelben hier etwas ausführlich mittheile.

Am 13. März 1781 zwiſchen 10 und 11 Uhr Abends unterſuchte Herſchel die kleinen Sterne in der Nähe des Sternes H in den

Zwillingen mit einem siebenfüßigen Teleskop bei 227facher Vergrößerung. Einer dieser Sterne schien ihm einen ungewöhnlichen Durchmesser zu haben, und der berühmte Astronom hielt ihn für einen Kometen. Um seine Vermuthung zu prüfen, ersetzte er die zuvor angewandte Vergrößerung durch eine 460- und 932fache, wobei der scheinbare Durchmesser des Sternes von ungewöhnlichem Aussehen proportional mit diesen Vergrößerungen zunahm, während dies bei den zur Vergleichung dienenden Sternen nicht der Fall war, deren Durchmesser vielmehr mit weit geringerer Schnelligkeit wuchs. Das neue Gestirn unterschied sich von den wahren Fixsternen noch durch ein anderes Merkmal; es wurde, wenn die Vergrößerung gewisse Grenzen überschritt, sehr schwach und schlecht begrenzt, während unter gleichen Umständen die Bilder der Fixsterne ihren Glanz und ihre Schärfe behielten. Diese Wahrnehmungen wurden noch durch Beobachtungen anderer Art unterstützt. Da Herschel keine festaufgestellten Instrumente besaß, wie sie auf großen Sternwarten zur Untersuchung der eigenen Bewegungen der Himmelskörper dienen, so verglich er das Gestirn, bei welchem ihm sein geübtes Auge die obigen Anomalien gezeigt hatte, mit den in der Nachbarschaft befindlichen Fixsternen. Ein eigenthümliches Fadenmikrometer gab einerseits die gradlinige Entfernung, und andererseits den Positionswinkel an. Durch diese Beobachtungen sah er bald, daß das Gestirn seinen Ort veränderte*). Obschon dasselbe keine Spur eines Bartes oder Schweifes zeigte, so nahm Herschel doch keinen Anstand, es für einen Kometen zu erklären, und unter diesem Namen war zuerst davon in der londoner königlichen Gesellschaft die Rede. Account of a comet lautet der Titel der Abhandlung vom 26. April 1781, in welcher Herschel zum ersten Male vom Planeten Uranus spricht (Phil. Transact. 1781, S. 492).

Sobald die Astronomen des Continents durch Maskelyne, den Director der greenwicher Sternwarte, von Herschel's Entdeckung be-

*) Wenn Herschel elf Tage früher (also am 2. statt am 13. März) sein Teleskop auf das Sternbild der Zwillinge gerichtet hätte, so würde die eigene Bewegung des Uranus ihm entgangen sein, weil der Planet am 2. März stationär war. Man sieht aus dieser Bemerkung, welchen Einfluß zufällige Umstände auf die größten astronomischen Entdeckungen äußern können.

nachrichtigt worden waren, beschäftigten sie sich auf das Angelegentlichste damit. Einige wie Lemonnier, Lalande, Méchain, Reggio, Cesaris, Bode, Wargentin u. s. w. verglichen in jeder hellen Nacht den Ort des mit eigentl. Bewegung begabten Gestirnes mit den Oertern der in seiner Nähe befindlichen Fixsterne; andere, wie Laplace, der Präsident de Saron, Méchain, Boscowich, Lexell u. s. w. versuchten die Bahn zu bestimmen, in welcher die Ortsveränderung erfolgte. Indeß trotz der Geschicklichkeit der Berechner mußte die Arbeit immer wieder von vorn angefangen werden. Wiewohl das Gestirn sehr langsam fortrückte, so wollte es doch niemals gelingen, alle seine Oerter darzustellen. Die Beobachtungen eines Monats warfen das Gebäude völlig über den Haufen, welches man nach den Beobachtungen des vorhergehenden Monates auf anscheinend sehr soliden Grundlagen zu errichten geglaubt hatte.

Wer über dieses Schwanken, dieses wiederholte Mißlingen heute über Gebühr sich wundert, bedenkt nicht genug, von welchen Ideen im Jahre 1781 die zuvor genannten berühmten Mathematiker und Astronomen eingenommen sein mußten.

Das neue Gestirn war als ein Komet angekündigt worden; alle bekannten Kometen hatten aber bis dahin sehr langgestreckte Ellipsen, ja man könnte fast sagen Parabeln beschrieben. Unter allen in den Verzeichnissen aufgeführten paraboliſchen Kometenbahnen fand sich keine über 4,2 hinausgehende Periheldistanz (den Abstand der Sonne von der Erde gleich 1 gesetzt). Dies waren die Bedingungen, innerhalb deren die Berechner sich zu halten versuchten; sie wollten mit aller Gewalt, daß der neue Komet ebenso wie seine Vorgänger eine sehr langgezogene krumme Linie beschriebe; sie wollten außerdem, daß der Scheitel dieser Bahn nicht sehr von der Sonne entfernt läge. Es würde unrecht sein, wenn ich unterließ darauf hinzuweisen, wie sehr die von Herschel bald nach seiner ersten Entdeckung gemachten Mikrometermessungen ebenfalls die Berechner irre leiten konnten; in der That waren diese gar sehr geeignet glauben zu machen, daß binnen sehr wenigen Tagen, während einer scheinbaren Bewegung in Länge um weniger als 1°, der gradlinige Abstand des neuen Gestirns von der Erde sich fast um die Hälfte verringert habe. Diese Beobachtun-

gen waren, wird man einwenden, ungenau. Ohne Zweifel; indeß, obschon der Astronom damals wenig bekannt war*), so konnte man natürlich doch Fehler von 1 bis 2″ in der mikrometrischen Messung eines Winkeldurchmessers einem Beobachter nicht zumuthen, der einen so durchdringenden Verstand, so großen Scharfsinn und solche Feinheit der Beobachtung besaß, um die besondern Eigenschaften des neuen Gestirns mitten unter eigentlichen Fixsternen, von denen er umgeben schien, aufzufinden.

De Saron brach zuerst diese Fesseln, wenigstens in einem Punkte. Am 8. Mai 1781 zeigte er, daß man vergeblich sich abmühen würde, den Gang des angeblichen Kometen darzustellen, so lange man seine Perihelbistanz oder seinen geringsten Abstand von der Sonne kleiner als das 14fache des mittleren Abstandes der Sonne von der Erde annähme.

Nachdem dieser Schritt einmal gethan war, fand sich durch die Bemerkung de Saron's das Gestirn für immer der gewöhnlichen Klasse von Kometen entrückt; und durch die hiermit erkannte Nothwendigkeit, die bis dahin von Herschel gemachten Mikrometermessungen bei Seite zu legen, wurden die Berechner in ihren Versuchen freier; sie verließen die Idee einer parabolischen Bewegung und fanden, daß eine kreisförmige Bahn mit einem nahe dem 19fachen Abstande der Sonne von der Erde gleichen Halbmesser ziemlich gut allen damals vorliegenden Beobachtungen des neuen Wandelsternes in Bezug auf seine Ortsveränderung Genüge leisten würde.

Ich bedaure, einige Unsicherheit über den Namen desjenigen Gelehrten lassen zu müssen, der zuerst die Nothwendigkeit, zu einer fast kreisförmigen Bahn überzugehen, erkannt hat. Im vierten im Jahre 1783 erschienenen Bande der Memoiren der petersburger Akademie erklärte Lexell, er könne durch das Zeugniß mehrerer Astronomen den Beweis führen, daß diese Ehre ihm gebühre; indeß hat er diesen Beweis, und dies war doch das Wesentliche, nicht geliefert; er hat selbst nicht

*) In Deutschland und Frankreich schrieb man in den Zeitungen und selbst in wissenschaftlichen Zeitschriften des Jahres 1781: Merothel, Herthel, Hermstal u. s. w. In der Connaissance des Temps für 1784 findet sich sogar Horochelle.

das Datum ſeiner Verſuche angegeben. Andererſeits führt Laplace in ſeiner Theorie der elliptiſchen Bewegung und Geſtalt der Planeten, die 1784 durch de Saron's Fürſorge erſchien, ſeine Beſtimmung einer kreisförmigen Bahn von ſehr großem Halbmeſſer bis zum Auguſt 1781 zurück. Aus verſchiedenen Umſtänden würde ſich leicht beweiſen laſſen, daß im Jahre 1781 Lexell eine Berechnung der kreisförmigen Bahn des neuen Geſtirns noch nicht vollendet hatte. Es fehlt uns übrigens die Grundlage, nach welcher die Rechte der Erfinder ſtets unzweideutig gemeſſen werden können, das Datum der Veröffentlichung. Da in dem vorliegenden Falle die Aufmerkſamkeit der gelehrten Welt lebhaft durch den rebelliſchen Kometen erregt war, ſo verbreiteten Privatcorreſpondenzen ſogleich die geringſten in den Akademien geſprochenen Worte, und ſelbſt bloße im Vertrauen an Freunde mitgetheilte Vermuthungen. So wußte ganz Europa, daß unſer Sonnenſyſtem um einen ſchönen Planeten reicher geworden war, lange bevor es die Beweiſe dafür vor Augen hatte.

Ungeachtet aller Mühe habe ich kein Mittel gefunden, um mit Gewißheit feſtzuſtellen, daß Laplace früher als Lexell die kreisförmige Bahn des Uranus beſtimmt habe, ebenſowenig als es mir möglich ſein würde zu behaupten, daß dem petersburger Aſtronomen die Priorität vor dem berühmten franzöſiſchen Mathematiker zuzuſchreiben ſei*). Nur dem Präſidenten de Saron erkannten alle Mitbewerber ſelbſt ſeine Rechte zu. Die Gerechtigkeit erfordert es alſo, wie mir ſcheint, zuerſt de Saron zu nennen, weil er im Widerſpruch mit der

*) Die Priorität würde Lexell zu gehören ſcheinen, wenn man einem Memoire glauben müßte, worin Lalande von einem aus London im Juni oder Juli 1781 geſchriebenen und der pariſer Akademie der Wiſſenſchaften mitgetheilten Briefe ſpricht. Hierauf erwidere ich, daß Lexell ſelbſt dieſes Briefes in ſeiner Arbeit gedenkt; daß er ſeinen Correſpondenten Magellan als die Perſon nennt, welche davon den pariſer Akademikern Kunde gab; daß hier aber nur von einer paraboliſchen Bahn, die wenigſtens die Periheldiſtanz 8 habe, die Rede iſt, „was, ſetzt Lexell hinzu, dient um diejenigen Akademiker zu überzeugen, welche Zweifel in die von dem würdigen und achtbaren Präſidenten de Saron erhaltenen Reſultate ſetzen, der bei der Discuſſion von vier Beobachtungen des neuen Geſtirns gefunden hatte, daß eine paraboliſche Bahn mit dem Perihelabſtande 14 den Beobachtungen ziemlich gut Genüge leiſten würde.“ (4. Bd. der Mem. der petersb. Akad.)

gehenden Ansicht gezeigt hat, daß das neue Gestirn ungemein weit entfernt sei, wenigstens zwei Mal weiter von der Sonne als Saturn*), und dann ohne Unterschied Lexell und Laplace den ersten Beweis, daß eine kreisförmige Bahn ziemlich gut sämmtlichen Beobachtungen Genüge leiste, zuzuschreiben.

Die elliptischen Elemente des Herschel'schen Gestirns sind zuerst von Laplace und Méchain berechnet worden. Die Laplace'schen Elemente wurden der pariser Akademie im Monat Januar 1783 mitgetheilt; sie stehen in der Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes.

Herschel nahm an dem langen Streite, welcher der Ankündigung seiner schönen Entdeckung folgte, keinen Theil; als jedoch die Untersuchungen von de Saron, Laplace, Lexell gezeigt hatten, daß der am 13. März 1781 entdeckte bewegliche Stern nicht ein Komet, wie anfangs geglaubt, sondern ein großer an den Grenzen unseres Sonnensystems gelegener Planet war, nahm er das ihm unbestreitbar zustehende Recht in Anspruch, diesem neuen Gestirn einen Namen zu geben. Herschel schlug als Namen Georgium sidus (Georgsstern)**) vor. Der Astronom bezeugte auf diese Weise seine gerechte Erkenntlichkeit gegen den Souverain, der ein Freund der Wissenschaften war und ihn soeben in eine unabhängige Lage versetzt hatte. Lexell bemerkte mit Recht, daß in dem Worte sidus (Stern) die auf den vorliegenden Fall nicht passende Vorstellung der Unbeweglichkeit läge; er schlug vor, den neuen Planeten den Neptun Georg des Dritten zu nennen. „Dies würde, sagt er, ein Mittel sein, das Andenken an die großen Heldenthaten, welche die englischen Flotten während der zwei letzten Jahre ausgeführt haben, zu verewigen.“ Für dies Mal war die Schmeichelei eigenthümlich. Ich will hier nicht die Heldenthaten discutiren; aber war es nicht komisch, daß man um sie zu ver-

*) Wenn man das Verdienst des Nachweises, daß die Entfernung des neuen Gestirns ganz außerordentlich groß sei, etwa in Frage stellen sollte, so will ich anführen, daß Méchain, gegen dessen Geschicklichkeit als Rechner niemals ein Zweifel erhoben worden ist, bei seinen ersten Berechnungen für die Periheldistanz 0,46 anstatt 18,28 fand.

**) Horaz hatte gesagt Julium sidus.

ewigen eine Entdeckung zu wählen vorschlug, die in keiner Beziehung Engländern gehörte? Es war der Hannoveraner Herschel, der die eigene Bewegung des neuen Gestirns erkannte; es waren die Untersuchungen und Berechnungen der Franzosen und Deutschen, welche seine Natur festsetzten und daraus in Wahrheit einen Planeten machten.

In Frankreich wünschte Lalande, daß man dem schon unter gleichen Umständen von den Anatomen und Botanikern angenommenen Brauche folgte; er verlangte mehrere Jahre mit großer Lebhaftigkeit, der neue Planet solle Herschel genannt werden. Seine Beharrlichkeit blieb ohne Resultat; die Freunde der Mythologie trugen den Sieg davon; aber auch auf diesem Gebiete gab es Spaltungen.

Prosperin glaubte sich des Erfolges sicher, als er den Namen Neptun vorschlug. Hätte sich dann nicht Saturn zwischen seinen zwei Söhnen befunden, deren einer, Jupiter, näher, der andere, Neptun, entfernter von der Sonne war, als er?

Lichtenberg vermochte nicht durchzudringen, als er den Namen Asträa vorschlug, gestützt auf die epigrammatische Betrachtung, daß die Göttin der Gerechtigkeit, indem sie die Erde verließ, wo sie vergeblich ihr Reich zu gründen versucht, aus Verdruß möglichst weit von unserem Planeten fliehen mußte.

Poinsinet wußte nicht, was man der von ihm getroffenen Wahl des Namens Cybele entgegensetzen könnte. Da bereits die Väter der Götter, Saturn und Jupiter, einen Platz am Himmel einnahmen, schien es ihm unangemessen, daß ihre Mutter noch längere Zeit von dort verbannt bleiben sollte.

Bode seinerseits erörterte mit voller Zuversicht den Grund, weshalb er den Namen Uranus vorgezogen hatte. Man war dem ältesten der Götter eine Genugthuung schuldig; eigneten sich übrigens nicht die in die Tiefen unseres Systemes versenkten Regionen wunderbar für den ehrwürdigen Greis?

Der Name Uranus hat die Oberhand behalten [3]).

Wenn Lalande mit seinem Projecte, Herschel eine Art Apotheose zu schaffen, scheiterte, so hat er wenigstens zur Bezeichnung des Planeten ein Zeichen (♅ oder ♄) eingeführt, dessen Gestalt an den Anfangsbuchstaben des berühmten Astronomen von Slough erinnert.

Dies Zeichen ist jetzt in Frankreich, England, Italien u. s. w. im Gebrauch. Die Deutschen haben das Zeichen ♁ vorgezogen, welches Klöpler in Dresden von Anfang an vorschlug, um gleichzeitig den Uranus in der Astronomie und das Platin in der Chemie darzustellen*).

Drittes Kapitel.

Aeltere Beobachtungen des Uranus.

Unter Voraussetzung einer kreisförmigen, oder auch schwach elliptischen Bahn des Uranus mußte dieses neue Gestirn, von dem Lichte des Tages und der Dämmerung abgesehen, zu allen Zeiten gleich sichtbar gewesen sein. Wie mochte es also kommen, daß es vor Herschel niemals bemerkt worden war? Durch welches Geschick hatten die Astronomen, die so aufmerksam auf die Bestimmung der Zodiakalsterne waren, vernachlässigt, einen zu beobachten, der stets dieser Klasse angehört hatte, und seinem Glanze nach der sechsten Größe, d. h. den letzten der mit bloßen Augen sichtbaren Sterne zugezählt werden mußte?

Was die Beobachtungen von 1781 betrifft, so vermochten diese Bedenken sicherlich nicht die Resultate der directen und vollkommen überzeugenden Rechnungen von Laplace und Lexell umzustoßen; sie konnten aber wohl zu der Annahme führen, daß der neue Himmelskörper sich erst seit wenigen Jahren in einem Kreise bewegte; daß er ein Komet gewesen, dessen Bahn durch die Störungen geändert worden wäre; ein Komet, der, nachdem er Jahrhunderte hindurch sehr langgestreckte krumme Linien beschrieben, durch die störende Einwirkung der Planeten sich gezwungen gesehen, eine Ellipse ohne merkliche Excentricität zu beschreiben.

*) Der Pater Hell ließ Medaillen von Platina zur Erinnerung an Herschel's Entdeckung schlagen. Ich erinnere hier daran, daß die folgenden Zeichen gleichzeitig von den alten Chemikern gebraucht wurden, um einige der Hauptmetalle, und von den Astronomen, um die großen Körper des Sonnensystemes zu bezeichnen.

Gold	Silber	Quecksilber	Kupfer	Eisen	Zink	Blei
☉	☾	☿	♀	♂	♃	♄
Sonne	Mond	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn.

Eine Bemerkung von Bode beſeitigte dieſe Zweifel und Vermuthungen. Beim aufmerkſamen Durchſuchen der Verzeichniſſe der Zodiakalſterne fand dieſer Gelehrte, daß Mayer 1756 in dem Sternbilde der Fiſche einen Stern ſechſter Größe beobachtet hatte, wovon er im Jahre 1781 keine Spur weder an dem Platze, wo ihn der berühmte göttinger Aſtronom ſah, noch auch in der Nachbarſchaft auffand. Infolge der kreisförmigen Bahn von einem 19mal größern Halbmeſſer als der mittlere Abſtand der Erde von der Sonne, war dieſer Ort ungefähr derjenige, welchen der neue Planet zur Zeit von Mayer's Beobachtung eingenommen haben mußte.

Bode ermittelte ferner auf gleiche Weiſe, daß Flamſteed den fraglichen Himmelskörper unter die Zodiakalſterne der Historia coelestis am 13. December (alten Styls) 1690 eingetragen hatte.

Als Lemonnier ſeine Regiſter durchging, fand er, daß auch er drei Mal den angeblichen Kometen Herſchel's im Jahre 1763 und 1769 beobachtet; Beſſel erkannte dieſes Geſtirn in dem großen Bradley'ſchen Kataloge unter dem Datum des 3. Decembers 1753; zu der ſchon von Bode angeführten Beobachtung in der Historia coelestis von Flamſteed fügte Burkhardt noch vier andere vom 2. April 1712, 5. 6. und 11. März 1715. Als Bouvard die handſchriftlichen Notizen Lemonnier's, die auf der pariſer Sternwarte niedergelegt ſind, Zeile für Zeile durchging, fand er neun Beobachtungen, welche dieſer ehemalige Akademiker ſelbſt nicht als Poſitionen des neuen Planeten erkannt hatte*).

*) Unter dieſen Beobachtungen ſind mehrere von einem und demſelben Monat. Wenn dieſe Aufzeichnungen in Ordnung gehalten, wenn die Beſtimmungen von Rectaſcenſion und Declination für jeden Tag in regelmäßigen vergleichbaren Columnen eingetragen geweſen wären, ſo würde ein Blick darauf Lemonnier im Januar 1769 haben erkennen laſſen, daß er einen mit eigner Bewegung begabten Himmelskörper beobachtete, und anſtatt Herſchel's Namen würde der Name dieſes Aſtronomen für immer an einen der Hauptplaneten unſeres Sonnenſyſtemes geknüpft ſein. Lemonnier's Beobachtungsverzeichniſſe waren aber ein Bild des Chaos. Bouvard hat mir damals gezeigt, daß eine der Beobachtungen des Planeten Uranus auf eine Papierdüte geſchrieben war, die ehemals Haarpuder enthalten hatte und bei einem Parfumeur gekauft worden war.

Viertes Kapitel.

Größe des Uranus. — Seine Geſtalt. — Seine Umdrehung.

In ſeinem mittleren Abſtande von der Erde beträgt der Winkeldurchmeſſer des Uranus ungefähr 4″; ſein wirklicher Durchmeſſer iſt 4,3, wenn der Erddurchmeſſer gleich 1 geſetzt wird. Sein Volumen iſt alſo ungefähr das 82fache vom Volumen der Erde.

Die Abhandlung vom 26. April 1781, in welcher Herſchel die Entdeckung des Uranus ankündigte, enthält auch Mikrometermeſſungen des ſcheinbaren Durchmeſſers des neuen Geſtirns; dieſe Meſſungen wurden mit zwei Mikrometern gemacht, deren Einrichtung der Verfaſſer nicht angibt, bei 932-, 460- und 227facher Vergrößerung. Herſchel fand für dieſen Durchmeſſer am 17. März 1781 2″9; am 2. April 4″4; am 15. April 5″3. Dieſe erſten Werthe des ſcheinbaren Durchmeſſers des Uranus differirten untereinander bei weitem mehr, als es mit der Kreisform der Bahn verträglich war. Die Schätzungen der andern Aſtronomen wichen noch weiter ab. So gaben Maskelyne 3″, Lexell wenigſtens 5″, die mailänder Beobachter 6 bis 7″, Mayer in Mannheim 10″ an.

Hieraus folgten für das Volumen Schwankungen im Verhältniß von 1 : 37. In dieſem kläglichen Zuſtande der Unſicherheit konnte Herſchel die Größe des neuen Planeten nicht laſſen. Trotz der ungeheuern Schwierigkeit, auf welche man unvermeidlich beim Meſſen ſehr kleiner Winkel ſtößt, mußte doch die große Vollkommenheit der Teleſkope zu Slough, ſo wie die ſtarke Vergrößerung, welche dieſe Inſtrumente vertrugen, wenn nicht mathematiſch genaue Reſultate, ſo doch wenigſtens eine beträchtliche Verminderung in den Grenzwerthen der möglichen Fehler hoffen laſſen. Dies war der Gegenſtand einer Abhandlung, welche Herſchel am 7. November 1782 der königlichen Geſellſchaft zu London vorlegte, und die in dem 73. Bd. der Philosophical Transactions erſchienen iſt.

Dies Mal bediente ſich der berühmte Aſtronom des Lampenmikrometers von ſeiner eigenen Conſtruction (Bd. 12, S. 63) und auch des Fadenmikrometers. Folgendes ſind die von ihm erhaltenen Reſultate:

Zeit der Beobachtung.	Angewandtes Mikrometer.	Vergrößerung.	Gemessener scheinbarer Durchmesser.
19. Nov. 1781	Fadenmikrometer.	227 Mal	5″2
28. Nov. 1781	Lampenmikrometer.	227 «	5,0
9. Sept. 1782	Fadenmikrometer.	460 «	4,2
4. Oct. 1782	Lampenmikrometer.	227 «	3,7
12. Oct. 1782	Dasselbe.	227 «	4,2
19. Oct. 1782	Dasselbe.	227 «	3,8
26. Oct. 1782	Dasselbe.	227 «	3,5
4. Nov. 1782	Dasselbe.	227 «	4,3

Die Uebereinstimmung war auch hier nicht so vollständig als man wünschen mußte, wie auch der Verfasser selbst einräumte. Aus der Gesammtheit aller dieser Resultate wagte er nur zu schließen, daß der scheinbare Durchmesser des Uranus nicht merklich größer, aber auch nicht merklich kleiner sein könne als 4″; daß der wahre Durchmesser des neuen Planeten zwischen dem Vierfachen und dem Vierundeinhalbfachen des wirklichen Durchmessers der Erde liege.

Die Astronomen nehmen jetzt alle einen scheinbaren Durchmesser von 3″9 bei dem mittleren Abstande des Planeten von der Erde an, woraus die nachstehende Figur (Fig. 347) für die scheinbare Größe des

Fig. 347. — Scheinbare Größe der Scheibe des Uranus in der mittleren Entfernung des Planeten von der Erde.

Uranus hervorgeht, wenn solche auf dieselbe Scale (1 Millimeter für 1 Secunde) reducirt wird, wie sie in den übrigen Zeichnungen, welche in diesem Werke die scheinbaren Größen der Scheiben des Merkur, der Venus, des Mars, Jupiter und Saturn darstellen, angenommen ist.

In Herschel's Abhandlung von 1782 findet sich auch der erste Versuch die Gestalt des Uranus zu bestimmen. Unter dem 13. October 1782 äußert sich der berühmte Astronom, daß ihm bei seinen Beobachtungen des Planeten mit 227-, 278-, 460- und selbst 625facher Vergrößerung die Scheibe des Planeten vollkommen begrenzt und kreisförmig erschien. Er zweifelt nicht, daß eine Abplattung, wie sie der Jupiter zeigt, damals vollkommen wahrnehmbar gewesen sein würde.

Später boten sich dem großen Astronomen Spuren einer Abplattung dar. Am 26. Februar 1794 z. B. schrieb er in sein Beobachtungsjournal: „Zwanzigfüßiges Teleskop; 480fache Vergrößerung: der Planet erscheint in der Richtung der großen Axen der Bahnen seiner Monde etwas verlängert."

Im folgenden Jahre, am 21. April 1795: „Im zehnfüßigen Teleskop mit 460facher Vergrößerung erhielt der Planet eine schwach elliptische Gestalt. Diese elliptische Gestalt bestand fort, als das erste Ocular durch ein zweites ersetzt wurde, welches die Vergrößerung bis auf das 600fache steigerte."

Unter allen Versuchen Herschel's zur Ermittelung der wahren Gestalt des Uranus war für ihn in Betreff der Existenz einer Abplattung am überzeugendsten die Beobachtung vom 5. März 1792. Er benutzte dabei einen frisch polirten Spiegel von 20 Fuß Brennweite, mit Vergrößerungen von 240, 300, 600, 800, 1200, ja selbst 2400 Mal, und erhielt stets dasselbe Resultat.

Eine Gestalt, die sich in gleicher Weise mit so verschiedenen Vergrößerungen und mit Teleskopen von 6, 10 und 20 Fuß Länge ergeben hatte, schien nicht ein Resultat bloßer optischer Täuschungen sein zu können. „Ich schließe daraus, sagt Herschel, ohne Bedenken, daß der Georgsplanet sich mit einer großen Geschwindigkeit um seine Axe dreht."

Mädler hat durch neuere Beobachtungen ebenfalls das Vorhandensein einer merklichen Abplattung von $^1/_{10}$ zu bestätigen geglaubt [4]). Der kürzeste Durchmesser würde nicht auf der Ebene der Bahn senkrecht stehen, sondern mit ihr einen Winkel von 76° bilden. Indeß stimmen in dieser Beziehung andere Astronomen mit dem gelehrten dorpater Beobachter nicht überein. Otto Struve z. B. sagt, daß er mit dem mächtigen pulkowaer Fernrohre die Scheibe des Uranus vollkommen rund gefunden habe.

Die große Rotationsgeschwindigkeit ist wohl nicht zweifelhaft, wenn eine merkliche Abplattung existirt; ich weiß aber keinen Grund anzugeben, warum Herschel niemals den Werth der letztern genauer bestimmt hat. Die Frage, ob zwischen zwei auf einander senkrechten Durchmessern einer Scheibe ein Unterschied existirt, ist sicher leichter zu beant-

worten durch Mikrometermeſſungen als durch den bloßen Anblick einer vergrößerten Scheibe. Iſt ein ſolcher überhaupt ſichtbar, ſo wird er auch der meſſenden Kraft der Fernröhre nicht entgehen.

Bei Jupiter und Saturn machen die Bahnen der Monde nur ſehr kleine Winkel mit der Aequatorebene des entſprechenden Planeten. Wenden wir der Analogie nach dieſes Reſultat auf den Uranus an, ſo gelangen wir zu einer merkwürdigen Folgerung: wir finden, daß die hypothetiſche Umdrehungsaxe dieſes Planeten beinahe in die Ekliptik gelegt werden muß, denn ſeine Monde bewegen ſich ſenkrecht auf dieſe Ebene. Es wird alſo Zeiten geben, wo die Abplattung, welche ſie auch ſein möge, nicht ſichtbar iſt. Ein Ellipſoid erſcheint offenbar als ein Kreis, wenn die Verlängerung ſeiner Umdrehungsaxe durch das Auge des Beobachters geht. Uranus wird alſo keine Spur einer elliptiſchen Geſtalt darbieten, wenn ſeine kleine Axe nach der Erde hin gerichtet iſt, alſo zwei Mal während jedes Umlaufs des Planeten um die Sonne.

Bei ſeinen teleſkopiſchen Forſchungen in den Jahren 1787 (mit einem 20füßigen Inſtrumente) und 1789 glaubte Herſchel mehrere Male den Uranus von zwei auf einander ſenkrecht geſtellten Ringen umgeben zu ſehen. Dieſe Form blieb bei Vergrößerungen von 157, 300, 480, 589, und auch noch, als der Spiegel oder das Ocular um ſeine Axe gedreht wurde. Da jedoch eine am 26. Februar 1792 mit einem 6füßigen Teleſkope gemachte Beobachtung die Ringerſcheinung während $3^1/_2$ Stunden in derſelben Lage in Bezug auf das Rohr des Teleſkops gezeigt hatte, obwohl in dieſer langen Zeit eine beträchtliche Veränderung durch die tägliche Umdrehung des Himmels eingetreten ſein mußte, ſo entſchied ſich Herſchel dahin, daß Uranus keinen Ring beſitze.

Fünftes Kapitel.

Monde des Uranus.

Die ungeheure Entfernung des Uranus, ſein kleiner Winkeldurchmeſſer, ſeine ſchwache Lichtintenſität gaben kaum der Hoffnung

Raum, daß falls dieſer Planet Satelliten haben ſollte, deren Größe zu ſeiner eigenen in demſelben Verhältniſſe ſtände, wie die Monde des Jupiter und Saturn zu ihrem Hauptplaneten, es einem Beobachter gelingen dürfte, ſie von der Erde aus wahrzunehmen. Herſchel war aber nicht der Mann ſich durch ſolche entmuthigende Bedenken zurückhalten zu laſſen. Da ihm mächtige Teleſkope nach der gewöhnlichen Conſtruction, d. h. mit zwei conjugirten Spiegeln, Nichts gezeigt hatten, ſo erſetzte er ſie im Anfange des Januars 1787 durch Front-view-Teleſkope, welche die Objecte in viel ſtärkerem Lichte zeigten, weil der kleine Spiegel beſeitigt und mit ihm eine der Urſachen für den Lichtverluſt verſchwunden war.

Als ſich Herſchel am 11. Januar 1787 eines Front-view-Teleſkops, deſſen Dimenſionen nicht angegeben ſind*), bediente, ſah er den Uranus von einigen kleinen Sternen umgeben. Ihre Stellungen in Bezug auf den Planeten wurden mit aller möglichen Genauigkeit verzeichnet. Am folgenden Tage waren zwei dieſer kleinen Sterne verſchwunden!

Dieſes Anzeichen von dem Vorhandenſein der Monde veranlaßte die ſehr ſorgfältigen Beobachtungen vom 14., 17., 18., 24. Januar, 4., 5. und beſonders vom 7. Februar. An dem letzten Tage beobachtete der berühmte Aſtronom unausgeſetzt neun aufeinanderfolgende Stunden, und er hatte die Freude, einen Mond ſich allmälich durch einen beträchtlichen Theil ſeiner Bahn bewegen zu ſehen. Die Exiſtenz eines zweiten Mondes wurde erſt am darauf folgenden 9. Februar völlig feſtgeſtellt.

Wenngleich dieſe Beobachtungsweiſe bis zum 11. Februar ausgedehnt wurde, ſo geſtattete ſie doch noch nicht mit großer Genauigkeit die Zeit anzugeben, welche die beiden Monde zum Durchlaufen des ganzen Umfanges ihrer Bahnen gebrauchten. Auch beſchränkte ſich Herſchel in ſeiner gewohnten Aufrichtigkeit auf folgende Schlüſſe daraus:

*) Nach dem, was ich in einer Abhandlung Herſchel's von 1815 finde, iſt klar, daß er zur Beobachtung der Uranusmonde gewöhnlich 20füßige Teleſkope angewandt hat. Kürzere Teleſkope zeigten ſelbſt nicht die hellſten dieſer kleinen Geſtirne.

Der synodische Umlauf des dem Uranus nächsten Mondes erfolgt in ungefähr $8^3/_4$ Tagen.

Die synodische Umlaufszeit des zweiten beträgt nahe $13^1/_2$ Tage.

Die Ebenen beider Bahnen bilden mit der Ekliptik beträchtliche Winkel.

Herschel suchte, wie man erwarten wird, diese ersten erhaltenen Resultate zu erweitern. In einer vom 14. December 1797 (Phil. Transact. Bd 78) datirten Abhandlung kündigte er an, daß er vier neue Monde entdeckt habe, wodurch also die Gesammtzahl auf sechs stieg.

Die relativen Positionen dieser sechs Uranusmonde und das Datum ihrer Entdeckung finden sich in der folgenden kleinen Tabelle, die ich aus Herschel's Abhandlung entnehme, verzeichnet:

	Tag der Entdeckung.
Erster Mond, der nächste am Planeten . .	18. Januar 1790.
Zweiter Mond, der nächste am Planeten von den beiden ältern	11. Januar 1787.
Dritter Mond	26. März 1794.
Vierter Mond, der entferntere der beiden ältern	11. Januar 1787.
Fünfter Mond	9. Februar 1790.
Sechster Mond, unter allen am weitesten abstehend von dem Planeten	28. Februar 1794.

Herschel hatte so große Schwierigkeiten gefunden, nicht nur bei der Beobachtung, sondern, was mehr ist, schon beim Wahrnehmen dieser fast unsichtbaren Gestirne überhaupt; es war ihm so oft begegnet, sehr kleine zufällig in der Nachbarschaft des Planeten befindliche Sternchen für die Monde zu halten, daß er es zur Zeit seiner zweiten Abhandlung kaum wagte, die Frage nach der Dauer der periodischen Umläufe zu berühren. Um nichtsdestoweniger die Wißbegierde der Astronomen zu befriedigen, stellte er folgende Resultate hin:

	Dauer des Umlaufs.	
1. Mond.	5 T. 21 St. 25 M.	Hergeleitet nach dem dritten Keppler'schen Gesetze aus der bekannten Umlaufszeit des zweiten Mondes, und aus der Voraussetzung, daß der Halbmesser der Bahn des ersten Mondes einen Winkel von 25″5 umspannt.

	Dauer des Umlaufs.	
2. Mond.	$8^3/_4$ T.	Im Jahre 1797 bereits bestimmt.
3. Mond.	10 T. 23 St. 4 M.	Hergeleitet aus der Hypothese, daß dieser Mond gerade in der Mitte des Intervalles zwischen dem zweiten und vierten steht, oder daß sein Abstand vom Mittelpunkte des Planeten 38″6 beträgt.
4. Mond.	$13^1/_2$ T.	Bestimmt im Jahre 1787.
5. Mond.	38 T. 1 St. 49 M.	Hergeleitet aus einer Beobachtung des Abstandes, welche diesen fünften Planeten zwei Mal weiter vom Planeten setzte als den vierten.
6. Mond.	107 T. 16 St. 40 M. wenigstens.	Hergeleitet aus einer Beobachtung, woraus hervorging, daß dieser sechste Mond wenigstens vier Mal so weit vom Planeten entfernt war, als der vierte.

Diese Resultate sind ziemlich wenig befriedigend, und dessenungeachtet haben sie noch den Schein von Genauigkeit; es ist aber nicht in der Ordnung, bis auf Minuten genau berechnete Zahlenwerthe anzugeben, zu deren Bestimmung andere Zahlen beigetragen haben, die selbst mit Fehlern von mehreren Stunden behaftet sein können.

Das Wichtigste, was sich in der Abhandlung von 1797 findet, ist die ohne alle weitern Zusatz angeführte Thatsache: „Ich benutze die Gelegenheit auszusprechen, daß die Bewegung der Georgian satellites rückläufig ist.“

Die dritte und letzte Abhandlung Herschel's über die Uranusmonde ist vom 8. Juni 1815. Mehrere Astronomen hegten ernstliche Zweifel an der Existenz der vier in der Abhandlung von 1797 angekündigten Monde. Mittelst verschiedener im Laufe des Jahres 1798 ausgeführten Beobachtungen fügte Herschel neue Beweise zu denen hinzu, die er bereits in Betreff der eigenen Bewegung der vier kleinen im Jahre 1797 neben dem Uranus wahrgenommenen Sterne vorgelegt hatte; nichtsdestoweniger sieht man deutlich, daß seine Absicht noch dahin geht, sich in dieser Beziehung innerhalb der Grenze bloßer Wahrscheinlichkeit zu halten.

Bezüglich der beiden erſten, nämlich der im Jahre 1787 entdeckten Monde, vervollkommnet Herſchel in ſeiner Abhandlung von 1815 die Theorie beträchtlich. Eine ſorgfältige Discuſſion liefert ihm für die Zeit ihres ſynodiſchen Umlaufs, die er früher nur in Bruchtheilen von Tagen angegeben hatte:

8 T. 16 St. 56 M. 5 S.
13 " 11 " 8 " 59 "

Den aufſteigenden Knoten der Bahnen ſetzt Herſchel in 165°50'.

Die Neigung der Bahnebenen gegen die Ebene der Ekliptik findet er 78° 58'.

Endlich erneuert er ſeine Behauptung von 1797 in Betreff der Bewegungsrichtung der beiden Monde; er ſpricht unzweideutig folgendes Reſultat aus, das, die Kometen ausgenommen, als die einzige Anomalie in der Geſammtheit der Bewegungen unſeres Sonnenſyſtemes daſteht: „Die beiden Uranusmonde kreiſen um den Hauptplaneten in rückläufiger Bewegung"; oder was daſſelbe nur in anderen Worten ausſagt: „Dieſe Monde durchlaufen die nördlichen zwiſchen den aufſteigenden und abſteigenden Knoten ihrer Bahnen gelegenen Bogen in der Richtung von Oſt nach Weſt."

Von den beiden unbeſtrittenen Monden würde nach Herſchel der erſte, d. h. der dem Planeten nächſte, im Allgemeinen heller ſein als der andere.

Indeß hat der große Aſtronom von Slough bei anhaltender Beobachtung der beiden Monde auch zu finden geglaubt, daß ihre relativen Helligkeiten ſtark variiren, und daß der zweite bisweilen den erſten übertrifft.

Dieſe Veränderungen ließen ſich nach Herſchel erklären entweder durch eine Rotationsbewegung der Monde, woraus folgen würde, daß dieſe kleinen Geſtirne während jedes Umlaufes um den Planeten uns nacheinander die verſchiedenen ohne Zweifel ungleich ſtark leuchtenden Theile ihrer Oberfläche zukehren; oder, im Fall die Helligkeitsänderungen nicht regelmäßig eintreten, durch das Vorhandenſein von Atmoſphären, welche mehr oder weniger ausgedehnte Theile der innern dunklen Körper bedecken oder allmälich wieder freilegen, wie dies an der Sonne, dem Jupiter und dem Saturn beobachtet wird.

Aus allen in der Abhandlung von 1797 angeführten Beobachtungen ergab sich, daß die Uranusmonde niemals sichtbar sind, wenn ihr Winkelabstand von dem Planeten unterhalb einer gewissen Grenze liegt, die für den ersten Mond 14″ und für den zweiten 17″ beträgt.

Ein solches Verschwinden kann nicht dem Einflusse einer Atmosphäre des Uranus zugeschrieben werden, weil die Erscheinung in gleicher Weise eintritt, der Mond mag sich in dem vordern oder hintern Theile seiner Bahn befinden. Ebensowenig würde man Grund haben, die Ursache desselben in Rotationsbewegungen zu suchen, infolge deren von gewissen Abständen vom Planeten an, die Monde uns verhältnißmäßig dunkle Flächen zukehrten; denn unter übrigens gleichen Umständen verschwinden sehr kleine Fixsterne in denselben Abständen wie die Monde. Man hat in alle dem nur eine Bestätigung zu sehen für den optischen Grundsatz: ein starkes Licht hindert, sehr schwache in seiner Nähe befindliche Lichter wahrzunehmen; nur ist es hier eigenthümlich, daß Uranus die Rolle eines starken Lichtes spielt.

Man würde sich fragen können: Entstand die leuchtende Hülle, wovon Uranus umgeben war, und welche die Monde und die sehr kleinen Sterne verschwinden ließ, in den Brennpunkten der Teleskope durch Abweichungen der Spiegel, oder entstand sie in dem Auge infolge matter Stellen der Hornhaut? Um diese Frage zu beantworten, würde es genügt haben zu untersuchen, ob beim Bedecken des Uranus mit einem in den Brennpunkt gestellten dünnen Drahte der Mond in solchen Entfernungen wieder sichtbar würde, wo er zuvor, während der Planet im Felde war, nicht wahrgenommen werden konnte. Es ist Schade, daß Herschel nicht daran gedacht hat, derartige Beobachtungen anzustellen.

Herschel's Arbeit würde unvollständig gewesen sein, wenn er nicht in Bogensecunden die Elongationen der beiden Monde angegeben hätte. Nichts war übrigens mehr geeignet, die Schwierigkeiten zu zeigen, mit welchen die Beobachtungen dieser wahrhaft mikroskopischen Gestirne verbunden waren. An diesem Punkte angelangt, zögert der Astronom; die Abweichungen unter den einzelnen Resultaten treten ihm störend vor die Seele; gezwungen einen Ausspruch zu thun,

bleibt er für die Zeit seiner Beobachtungen bei 96″ als wirklicher Elongation des ersten, und bei 48″ als Elongation des zweiten Mondes stehen.

Einige Zeilen werden hinreichen, das Wenige, was wir seit den im Vorstehenden berichteten Arbeiten William Herschel's über die Uranusmonde erfahren haben, anzuführen.

Aus seinen eigenen Beobachtungen in den Jahren 1828, 1830, 1831 und 1832 hat der Sohn des großen Astronomen für die periodischen Umlaufszeiten der beiden Monde von 1787, der einzigen, die er mit seinem zwanzigfüßigen frisch polirten Teleskope zu sehen vermochte, folgende Werthe angegeben:

8 T. 16 St. 56 M. 31,3 S.
13 - 11 - 7 - 12,6 -

Die Untersuchungen Sir John Herschel's sind vom Jahre 1834, und erschienen im folgenden Jahre im 8. Bande der Sammlung, welche die astronomische Gesellschaft herausgibt. Die Abhandlung, über welche ich jetzt berichten will, ist noch neuer, sie steht in den Philosophical Transactions von 1838, und hat Lamont, Director des königlichen Observatoriums in München, zu ihrem Verfasser. In derselben finde ich die Umlaufszeiten der beiden Monde angegeben:

8 T. 16 St. 56 M. 28,5 S.
13 - 11 - 7 - 6,3 -

Für die Halbmesser ihrer als Kreise angenommenen Bahnen gibt Lamont

31″3
40,1.

Diese beiden letzten Resultate beziehen sich auf einen Abstand des Planeten von der Erde, welcher 19,223mal die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde übertrifft.

Lamont hat bei seinen Beobachtungen der beiden genannten Monde des Uranus deutliche Anzeichen der Ellipticität ihrer Bahnen wahrzunehmen geglaubt, und es sich vorbehalten, später auf eine specielle Prüfung dieser schwierigen Frage zurückzukommen. Seine jetzigen Rechnungen sind ebenso wie die von William und John Herschel unter der Voraussetzung kreisförmiger Bewegungen ausgeführt worden.

Lamont gibt in seiner Abhandlung auch an, daß er den sechsten damals bekannten Uranusmond am Abend des 1. October 1837 gesehen und beobachtet habe.

Die Masse des Uranus, welche Lamont aus seinen Beobachtungen der beiden größten Monde herleitet, ist $^1/_{24000}$, also um $^1/_3$ kleiner als die von Bouvard aus den vom Planeten erzeugten Störungen berechnete.

William und John Herschel haben sich für ihre Beobachtungen der Uranusmonde 40- und 20füßiger Teleskope bedient; Lamont benutzte ein achromatisches in München construirtes Fernrohr von 15 Fuß Länge und $10^1/_2$ par. Zoll Oeffnung.

Sir John Herschel hat den Astronomen ein Kriterium angegeben, wonach sie im Stande sind im Voraus zu beurtheilen, ob ihre Instrumente hinreichend lichtstark sind und ihr Auge hinreichend fein, um sich mit einiger Aussicht auf Erfolg auf die Untersuchung der Uranusmonde einlassen zu können. Es besteht in Folgendem:

Zwischen den Sternen β^1 und β^2 des Steinbocks, gegen die Mitte ihres Abstandes in Rectascension, ein wenig nordwärts von der sie verbindenden geraden Linie, liegt ein Doppelstern, der aus zwei Sternen 16. und 17. Größe besteht, die ungefähr 3″ von einander entfernt sind. Jedes Instrument, das nicht diese beiden Sterne 16. und 17. Größe deutlich zeigt, kann bestimmt nicht zur Beobachtung der Uranusmonde dienen. Denn Sir John Herschel hat in seinem astronomischen Tagebuche, ich weiß nicht unter welchem Datum, folgende entscheidende Bemerkung gefunden: „Die beiden Sterne des zwischen β^1 und β^2 im Steinbock stehenden Doppelsterns sind im Vergleich mit den Uranusmonden glänzende Objecte.“

Sir John Herrschel gibt noch als eine nothwendige Bedingung bei der Beobachtung dieser Monde eine wenigstens 300fache Vergrößerung an, welches übrigens auch die Oeffnung und sonach die Lichtstärke des angewandten Instrumentes sein möge. Sein Vater hat sich nicht ganz so bestimmt ausgesprochen. Vergrößerungen von 300 und darüber schienen ihm nur zum andauernden Sehen der Monde unumgänglich nothwendig. William Herschel entdeckte sie mit einer nur 157fachen Vergrößerung; er sah sie aber damals nur auf Augen-

blicke, wie Funken. Die anhaltende Beobachtung wurde erst mit 300-, 600- und 800fachen Vergrößerungen möglich.

Eine neuere Entdeckung hat der Erforschung der Uranuswelt ein neues Interesse verliehen. Am 24., 28., 30. October und 2. November 1851 hat Lassell deutlich zwei neue Monde beobachtet, welche noch näher an dem Planeten liegen als der erste Mond William Herschel's, dessen Umlaufszeit ungefähr 5 Tage und 21 Stunden beträgt.

Durch diese Entdeckung Lassell's ist die Zahl der Uranusmonde jetzt auf 8 gestiegen, und die früher durch Herschel's Arbeiten festgestellten Ordnungszahlen der Monde nach ihrer Entfernung vom Planeten müssen danach geändert werden.

Nach dieser neuen Reihenfolge sind von den acht Uranusmonden der vierte und sechste die hellsten; auch sind ihre Umlaufszeiten mit großer Genauigkeit bestimmt.

In Betreff der übrigen Uranusmonde sind ihre Umlaufszeiten im Allgemeinen aus ihren größten Elongationen mittelst des dritten Kepler'schen Gesetzes hergeleitet worden.

Zwei von diesen acht Monden sind seit der Ankündigung ihrer Entdeckung durch William Herschel von keinem Astronomen gesehen worden. Man würde also, streng genommen, an ihrer Existenz zweifeln können. Der dritte ist vor Kurzem von Lassell in Liverpool und von Otto Struve in Pulkowa beobachtet; den fünften zwischen den beiden hellsten liegenden hat Lassell mittelst eines sehr starken Teleskops gesehen.

Die Bahnen des vierten und sechsten Mondes stehen fast senkrecht auf der Ekliptik; ihre Neigungen gegen diese Ebene sind nicht unter 79°.

Die mittleren Abstände der Monde vom Uranus, den Durchmesser des Planeten selbst als Einheit genommen, und die Umlaufszeiten sind folgende:

Nummer.	Mittlerer Abstand.		Umlaufszeit.
1	7,44	2,52 Tage od.	2 T. 12 St. 28 M. 48 S.
2	10,37	4,14 " "	4 " 3 " 27 " 22 "
3	13,12	5,89 " "	5 " 21 " 25 " 55 "
4	17,01	8,71 " "	8 " 16 " 55 " 12 "
5	19,85	10,96 " "	10 " 23 " 3 " 50 "

Nummer.	Mittlerer Abstand.	Umlaufszeit.
6	22,75	13,46 Tage od. 13 T. 11 St. 6 M. 43 S.
7	45,51	38,08 " " 38 " 1 " 48 " — "
8	91,01	107,69 " " 107 " 16 " 39 " 22 "

Die Zeiten der Entdeckung dieſer kleinen Geſtirne ſind:

Nummer in der Reihenfolge nach dem Abſtande.	Nummer in der Reihenfolge nach ihrer Entdeckung.	Zeit der Entdeckung.
1	7	October 1851.
2	8	October 1851.
3	3	18. Januar 1790.
4	1	11. Januar 1787.
5	6	26. März 1794.
6	2	11. Januar 1787.
7	4	9. Februar 1790.
8	5	28. Februar 1794.

Zum Schluß wiederhole ich nochmals, daß die Uranusmonde ihre Ellipſen um den Planeten in rückläufiger Bewegung, oder in der Richtung von Oſt nach Weſt zurücklegen. Die eigenen Bewegungen dieſer Körper erfolgen alſo (die Kometen bei Seite gelaſſen) in einer entgegengeſetzten Richtung, als die eigenen Bewegungen aller Hauptplaneten, ihrer Monde und alle bekannten Rotationsbewegungen. Es iſt dies, um es beiläufig zu erwähnen, ein ſtarker Einwand gegen die am meiſten in Anſehen ſtehenden kosmogoniſchen Syſteme.

Einunddreißigstes Buch.

Neptun.

Erstes Kapitel.

Aussehen des Neptun. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Der Planet Neptun wurde am 23. September 1846 von Galle in Berlin entdeckt; er stand am Himmel ziemlich nahe an der von Leverrier zufolge seiner merkwürdigen Rechnungen, woraus die Existenz desselben als sehr wahrscheinlich sich ergab, bezeichneten Stelle. Ich hatte vorgeschlagen, diesem Planeten den Namen Leverrier zu geben, wie ich auch gewünscht hätte, daß man dem Uranus den Namen Herschel gelassen hätte; indeß hat meine aus Liebe zu den Wissenschaften und einem gerechtfertigten Nationalgefühl hervorgegangene Ansicht nicht durchzudringen vermocht.

Der Planet Neptun wird durch einen Dreizack, ♆, das Attribut des Meeresgottes, dargestellt.

Der Planet ist nicht mit bloßen Augen sichtbar; er hat das Ansehen eines Sternes achter Größe.

Er bewegt sich sehr langsam in einer Bahn, welche mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von $1^{\circ}\,46'\,59''$ macht. Die Dauer seines siderischen Umlaufs ist 164 Jahre 266 Tage. Die Dauer seines synodischen Umlaufs, oder der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Conjunctionen beträgt 367 Tage.

Die mittlere Entfernung des Neptun von der Sonne ist 30,04, den mittleren Abstand der Erde von letzterer gleich 1 gesetzt.

Die Excentricität der Bahn ist 0,0087, folglich die Perihelsdistanz 29,76 und die Aphelsdistanz 30,39. Neptun entfernt sich also von dem Centralgestirn unseres Planetensystemes bis auf 624 Millionen Meilen und nähert sich niemals mehr als auf 613 Millionen Meilen.

Die Länge des Perihels ist 47° 14′ 37″; die des aufsteigenden Knotens 130° 6′ 52″; und die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 335° 8′ 58″.

Werden die von der Sonne der Erde zugesandten Licht- und Wärmemengen gleich 1 gesetzt, so empfängt die Oberfläche des Neptun nur 0,001.

Zweites Kapitel.

Von der Größe des Neptun.

Der Durchmesser des Neptun beträgt in dem mittleren Abstande des Planeten von der Erde 2″7.

Fig. 348 stellt die scheinbare Scheibe des Neptun in demselben Maaßstabe (1 Millimeter auf 1 Secunde) dar, wie die frühern ana-

Fig. 348. — Scheinbare Größe der Scheibe des Neptun bei mittlerem Abstande des Planeten von der Erde.

logen Figuren die relativen Größen der scheinbaren Scheiben der übrigen Hauptplaneten (Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus) angeben.

Den Durchmesser der Erde zur Einheit genommen, ist der wahre Durchmesser des Neptun 4,8; der letztere Planet hat also ein 110mal größeres Volumen als unsere Erde. Seine Dichtigkeit beträgt 0,222, die der Erde gleich 1 gesetzt. Die Schwere auf der Oberfläche des Neptun, verglichen mit der Schwere auf der Oberfläche der Erde, ist 1,10.

Die Massenbestimmungen des Neptun haben sehr verschiedene Zahlen geliefert; die Masse der Sonne zur Einheit genommen, erhielten durch Rechnung Leverrier $^1/_{9322}$ und Adams $^1/_{9090}$ vor der Ent-

deckung des Planeten. Aus den Beobachtungen hergeleitet wurde diese Masse gefunden von Otto und August Struve $^1/_{14446}$, von Lassell $^1/_{17000}$, von Hind $^1/_{18780}$, von John Herschel $^1/_{18780}$ und von Bond $^1/_{19400}$ [1]).

Drittes Kapitel.

Geschichte der Entdeckung des Neptun.

Im Jahre 1820 lagen vierzig Jahrgänge regelmäßiger Beobachtungen des Uranus vor; und außerdem war dieser Planet von 1690 bis 1771 19mal durch Flamsteed, Bradley, Mayer und Lemonnier beobachtet worden, die damals nicht ahnten, daß der für einen Stern sechster Größe gehaltene Himmelskörper, dessen astronomische Coordinaten sie zufällig bestimmten, unserm Planetensysteme angehörte. Man mußte glauben, daß es mittelst aller dieser Beobachtungsdata, wenn auf sie die analytischen Ausdrücke der durch Jupiter und Saturn veranlaßten Störungen angewandt würden, wie solche sich in dem dritten Bande der Mécanique céleste entwickelt finden, gelingen dürfte Tafeln zu construiren, welche die Bewegung des von Herschel entdeckten Planeten genau darstellten. Die Zahl der Beobachtungen war ziemlich beträchtlich; auch umfaßten dieselben einen hinreichend großen Zeitraum, so daß man nicht die Fehler zu befürchten hatte, welche sich stark geltend machen, wenn man die Bahn eines Gestirns nur aus Beobachtungen von einem zu kleinen Theile seines Laufes bestimmt. Als indeß im Jahre 1821 Alexis Bouvard seine Uranustafeln veröffentlichte, hatte es ihm nicht gelingen wollen, gleichzeitig den ältern und den neuern Beobachtungen in gewünschter Weise zu genügen. „Die Entwerfung von Tafeln für den Planeten Uranus führt, sagte damals der unermüdliche Rechner, zu der Alternative, daß, wenn man die alten Beobachtungen mit den neuen combinirt, die ersten ziemlich gut dargestellt werden, während die zweiten nicht mit der Genauigkeit, welche sie zulassen, wiedergegeben werden; oder daß, wenn man die ersten bei Seite läßt, und nur die andern beibehält, Tafeln entstehen, welche alle gewünschte Genauigkeit bezüglich der neuern Beobachtun-

gen beſitzen, den ältern dagegen nicht in genügender Weiſe entſprechen. Ich mußte alſo zwiſchen dieſen beiden Wegen eine Auswahl treffen, und ich entſchied mich für den zweiten, weil er die meiſte Wahrſcheinlichkeit zu Gunſten der Wahrheit beſitzt. Der Zukunft überlaſſe ich die Sorge zu ermitteln, ob die Schwierigkeit, beide Syſteme von Beobachtungen zu vereinigen, wirklich in der Ungenauigkeit der ältern Beobachtungen ihren Grund hat, oder ob ſie von irgend einer fremden Urſache herrührt, welche unbemerkt auf den Gang des Planeten eingewirkt hat.“

Die Zukunft entſchied bald, daß dieſe letzte von Bouvard ſchüchtern ausgeſprochene Hypotheſe die richtige ſei. Kaum waren einige Jahre verfloſſen, ſo lag ſchon der Beweis vor, daß die Bouvard'ſchen Tafeln den neuen Uranusbeobachtungen nicht mehr genügten. Der Gedanke an die Exiſtenz einer unbekannten ſtörenden Kraft ſtieg damals in dem Geiſte aller Aſtronomen auf. Welches war aber dieſe Kraft? Im Juni 1829 ſchrieb Hanſen an Bouvard, daß man zur Erklärung der zwiſchen den täglichen Beobachtungen und den Tafeln des Uranus vorhandenen Differenzen Störungen durch zwei unbekannte Planeten annehmen müſſe[2]). Bouvard erkannte ſeitdem an, daß die Tafeln des Herſchel'ſchen Planeten umzuarbeiten ſeien, um ſie zu vervollkommnen und genau den Betrag der Störungen dadurch kennen zu lernen, und vertraute dieſe Arbeit im Jahre 1834 ſeinem Neffen Eugen Bouvard an. Er hegte die Hoffnung, daß man durch Umkehrung des gewöhnlichen Problems der Störungen, deſſen Aufgabe iſt, die Größe derſelben aus der Kenntniß der Bewegungen der ſtörenden Körper zu ermitteln, umgekehrt die Elemente der Bahn des hauptſächlichſten unter dieſen Körpern aus den gefundenen Werthen der Differenzen zwiſchen den beobachteten Poſitionen des Uranus und den durch die nur den Einfluß des Saturn und Jupiter berückſichtigenden Rechnungen erhaltenen werde ermitteln können. Dieſe Hoffnung wurde von Beſſel getheilt, der unter dem 8. Mai 1840 an meinen berühmten Freund A. von Humboldt ſchreibt:

„Sie verlangen Nachricht von dem Planeten jenſeits des Uranus. Ich könnte wohl auf Freunde in Königsberg verweiſen, die aus Mißverſtändniß mehr davon zu wiſſen glauben als ich ſelbſt. Ich

hatte die Entwickelung des Zusammenhanges zwischen den astronomischen Beobachtungen und der Astronomie zum Gegenstande einer (am 28. Februar 1840 gehaltenen) öffentlichen Vorlesung gewählt. Daß Publikum weiß keinen Unterschied zwischen beiden; seine Ansicht war also zu berichtigen. Die Nachweisung der Entwickelung der astronomischen Kenntnisse aus den Beobachtungen führte natürlich auf die Bemerkung: daß wir noch keineswegs behaupten können, unsere Theorie erkläre alle Bewegungen der Planeten. Die Beweise davon gab der Uranus, dessen alte Beobachtungen gar nicht in Elemente passen, welche sich an die späteren von 1783—1820 anschließen. Ich glaube Ihnen schon einmal gesagt zu haben, daß ich viel hierüber gearbeitet habe, allein dadurch nicht weiter gekommen bin als zu der Sicherheit, daß die vorhandene Theorie, oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unserer Kenntniß vorhandene Sonnensystem, nicht hinreicht, das Räthsel des Uranus zu lösen. Indessen darf man es deshalb, meiner Meinung nach, nicht als unauflösbar betrachten. Zuerst müssen wir genau und vollständig wissen, was von dem Uranus beobachtet ist. Ich habe durch einen meiner jungen Zuhörer, Flemming, alle Beobachtungen reduciren und vergleichen lassen, und damit liegen mir nun die vorhandenen Thatsachen vollständig vor. So wie die alten Beobachtungen nicht in die Theorie passen, so passen die neueren noch weniger hinein; denn jetzt ist der Fehler schon wieder eine ganze Minute und wächst jährlich um 7″ bis 8″, so daß er bald viel größer sein wird. Ich meinte daher, daß eine Zeit kommen werde, wo man die Auflösung des Räthsels, vielleicht in einem neuen Planeten, finden werde, dessen Elemente aus ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf den Saturn bestätigt werden könnten[2]."

Das Problem, den neuen Planeten zu ermitteln, welcher die geheimnißvollen Störungen des Uranus verursachen konnte, war also öffentlich aufgestellt, als ich im Jahre 1845 Herrn Leverrier rieth, sich damit zu beschäftigen. Es war Zeit, weil in England ein junger Astronom an der cambridger Universität, Adams, ebenfalls seit diesem Jahre die Aufgabe behandelte und seinerseits zu einer Lösung derselben gelangte. Indeß füge ich sogleich hinzu, daß Adams Nichts bekannt machte, und seine übrigens vortrefflich ausgeführte Arbeit in

ihrer Weise zu der Entdeckung des unbekannten Gestirns beigetragen hat.

Leverrier mußte vor Allem die wahren Werthe derjenigen Theile in den Störungen des Uranus, welche sich aus dem Einflusse der bis dahin bekannten Planeten nicht erklären ließen, zu erhalten suchen; er mußte zuerst die für den Uranus angenommenen Elemente verbessern, und dann genaue Ephemeriden construiren, welche durch ihre Vergleichung mit den Beobachtungen die von dem gesuchten Gestirne herrührenden Störungen erkennen ließen. Der geschickte Astronom machte seine Vergleichungen nicht nur mit den ältern veröffentlichten Beobachtungen von Lemonnier, Bradley, Mayer, und der greenwicher und pariser Sternwarte, sondern konnte auch, wie er selbst sagt, „ausgezeichnete in Paris von 1835 bis 1845 angestellte, noch nicht bekanntgemachte Beobachtungen, die ich ihm übergab", benutzen. Nach sorgfältiger Reduction der Beobachtungen erhielt er zuverlässige Werthe der Störungen, über welche die Theorie keine Auskunft geben konnte, setzte solche in die Formeln, welche dieselben unter der Annahme der Existenz des neuen Planeten erklären, ein und erhielt genäherte Elemente für letzteren. Am 31. August 1846 veröffentlichte Leverrier die definitiven Resultate seiner Untersuchungen: er sprach sich dahin aus, daß der neue Planet sich damals in dem Sternbilde des Steinbocks ein wenig östlich von dem Sterne δ dieses Sternbildes finden müsse. Leverrier theilte seine Resultate verschiedenen Astronomen der europäischen Sternwarten mit. Galle antwortete ihm aus Berlin am 25. September: „Der Planet, dessen Position Sie bezeichnet haben, existirt in der That. An demselben Tage, wo ich Ihren Brief erhielt, fand ich einen Stern achter Größe, der in die ausgezeichnete von Dr. Bremiker bearbeitete Karte Hora XXI. der von der berliner Akademie herausgegebenen Sammlung von Sternkarten nicht eingetragen war. Die Beobachtung des folgenden Tages entschied, daß er der gesuchte Planet war." Der Ort, wo Galle den Planeten fand, wich nur ungefähr 1° von demjenigen ab, welchen Leverrier ihm angewiesen hatte; die Rechnung hatte die heliocentrische Länge des gesuchten Planeten für 1. Januar 1847 zu 327° 24′ ergeben; aus der Beobachtung des entdeckten Planeten folgte 326° 22′.

Eine ſolche Entdeckung muß einen ausgezeichneten Platz in der Geſchichte der Aſtronomie einnehmen. Die von Leverrier befolgte Methode weicht gänzlich von dem ab, was zuvor von Mathematikern und Aſtronomen verſucht worden. Letztere haben einige Male zufällig einen in Bewegung befindlichen Punkt, einen Planeten im Felde ihres Fernrohres gefunden; Leverrier aber hat das neue Geſtirn wahrgenommen, ohne nur einen Blick nach dem Himmel zu wenden; er hat ihn mit der Spitze ſeiner Feder geſehen; durch die bloße Macht der Rechnung hat er näherungsweiſe den Ort und die Größe eines Körpers beſtimmt, der um Vieles jenſeits der damals bekannten Grenzen unſeres Sonnenſyſtemes liegt, der weiter als 600 Millionen Meilen von der Sonne abſteht, und in unſeren mächtigſten Fernröhren kaum eine merkliche Scheibe zeigt. Leverrier's Entdeckung iſt ſonach eine der glänzendſten Beſtätigungen für die Richtigkeit der neuern aſtronomiſchen Syſteme. Sie wird die ausgezeichneten Mathematiker ermuthigen, mit neuem Eifer nach den ewigen Wahrheiten zu forſchen, welche, nach einem Ausdrucke des Plinius, in der Majeſtät der Theorien (!) verborgen liegen.

Ich bin ſicher, in der vorſtehenden Beurtheilung des Werthes der großen Entdeckung, welche die gelehrte Welt in Aufregung ſetzte, mich ſtreng innerhalb der Grenzen der Wahrheit und Gerechtigkeit gehalten zu haben. Sehen wir übrigens, wie berühmte Aſtronomen über die Arbeit unſeres Landsmannes urtheilen. Die folgenden Zeilen ſind einem Briefe Encke's an Leverrier vom 28. September 1846 entnommen:

„Geſtatten Sie mir, Ihnen von ganzem Herzen zu der ſchönen Entdeckung, womit Sie die Aſtronomie bereichert haben, Glück zu wünſchen. Ihr Name wird für immer an die entſcheidendſte Probe für die Richtigkeit der allgemeinen Anziehung, die man nur erdenken kann, geknüpft ſein." Meines Erachtens enthalten dieſe wenigen Worte Alles, was der Ehrgeiz eines Gelehrten wünſchen kann; jeder weitere Zuſatz würde überflüſſig ſein.

Schumacher ſpricht ſich in einem aus Altona vom 28. September datirten Briefe in folgender Weiſe aus:

„Obgleich Sie durch Herrn Encke erfahren haben, daß Ihr Pla-

net faſt genau an dem Orte und unter den Umſtänden, wie Sie Beides vorhergeſagt haben (der Durchmeſſer ſelbſt betrug 3″), aufgefunden worden, kann ich doch dem Drange meines Herzens nicht widerſtehen, Ihnen ohne Verzug meine aufrichtigſten Glückwünſche für Ihre glänzende Entdeckung darzubringen; ſie iſt der ſchönſte Triumph der Theorie, den ich kenne.“

Warum aber ſind die pariſer, die engliſchen und beſonders die unter einem ſo günſtigen Himmel lebenden italieniſchen Aſtronomen den berliner Aſtronomen in der Beſtätigung von Leverrier's Entdeckung nicht zuvorgekommen? Für Jeden, der die aſtronomiſchen Methoden kennt, iſt die Antwort ſehr einfach.

Planet nennen wir ein jedes mit eigener Bewegung begabtes Geſtirn, das um die Sonne eine nur wenig geſtreckte Bahn beſchreibt. Infolge dieſer eigenen Bewegung ſchreitet ein Planet durch verſchiedene Sternbilder fort, während die Fixſterne im Laufe eines Jahres nur unbedeutende Verrückungen erleiden und in ihren relativen Lagen Jahrhunderte lang faſt conſtant bleiben. Dies vorausgeſetzt wird Jeder ſogleich einſehen, worin gewöhnlich die Entdeckung eines Planeten beſteht.

Ein Aſtronom hat ſein Fernrohr auf den Sternhimmel gerichtet, und vergleicht das, was er ſieht, mit einer Karte, auf welcher im Voraus der beobachtete Theil des Himmels ſpeciell verzeichnet iſt. Befindet ſich nun in dem Geſichtsfelde ein Geſtirn, das zu der Zeit, wo die Karte entworfen wurde, nicht vorhanden war, ſo beſitzt daſſelbe eine eigene Bewegung und iſt alſo entweder ein Planet oder ein Komet. Fehlt dagegen in der durchſuchten Gegend ein leuchtender früher als ein Stern eingetragener Punkt, ſo bewegt ſich dieſer Punkt und ſeine eigentliche Natur iſt alſo verkannt worden; man muß ſich beeilen, alle Theile des Himmels durchzumuſtern, um den Irrſtern zu entdecken.

Der Planet, den Leverrier als vorhanden angekündigt hatte, konnte weniger hell ſein, als die in den vorhandenen berühmteſten Himmelskarten verzeichneten Sterne. Man hätte dann zur Ausführung neuer Karten, welche die Sterne bis zur zehnten Größe enthielten, ſchreiten müſſen, bevor man mit ſichern Ausſichten auf Erfolg ſich an die Aufſuchung des neuen Geſtirns wagen durfte. Dies wäre für

den sehr engen Raum, in welchem nach Leverrier der Planet sich befinden konnte, die umständliche Arbeit gewesen, die man in Paris hätte beginnen müssen. Für Berlin war diese Mühe überflüssig; man besaß dort schon hinreichend detaillirte Himmelskarten. Durch ein glückliches Zusammentreffen war die Karte von Hora XXI., also der Region, wo der neue Planet sich 1846 bewegte, soeben gestochen und veröffentlicht worden. Hieraus erklärt sich, wie Galle auf die von Paris erhaltenen Anweisungen an demselben Tage den Planeten finden konnte, wo ihm Leverrier's Brief zukam. Ohne die Karte von Bremiker würde der berliner Astronom sich in denselben ungünstigen Verhältnissen, wie die Beobachter in Frankreich, England und Italien befunden haben, und die Bestätigung der Entdeckung unseres Landsmannes würde um eine oder zwei Wochen (?) verzögert worden sein. Alle diese Erläuterungen werden bezüglich des Thatsächlichen durch folgende Stelle aus Encke's Briefe bestätigt:

„Für unsere Aufsuchung gab es einen sehr glücklichen Umstand. Die akademische Sternkarte von Bremiker, die vielleicht noch nicht in Paris angekommen ist, die ich aber sofort expediren lassen werde, enthält grade nahe an ihrer untern Grenze den von Ihnen bezeichneten Ort. Ohne diesen ungemein günstigen Umstand, ohne eine Karte, auf der man sicher sein konnte, alle Fixsterne bis zur zehnten Größe zu finden, glaube ich nicht, daß der Planet entdeckt worden wäre. Sie werden sich bei der Beobachtung dieses Gestirns selbst überzeugen, daß sein Durchmesser viel zu klein ist, um die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, selbst wenn er mit einer starken Vergrößerung untersucht wird. Ich bin Ihnen also persönlich dafür verbunden, daß Sie den Werth gezeigt haben, den eine solche Karte für wissenschaftliche Untersuchungen haben kann."

Wenn einige Astronomen Großbritanniens von unbestreitbaren Verdienste der schönen Entdeckung unseres Landsmannes im Principe nicht eine so glänzende Gerechtigkeit zu Theil werden ließen; wenn sie einen Theil des Ruhmes dieser Entdeckung dem Engländer Adams beizulegen sich bemühten: so hat dieser Versuch keinen andern Erfolg haben können, als zu zeigen, daß trotz der unbestreitbaren Geschicklichkeit dieses letztern die englischen Astronomen doch nicht hinreichendes Zu-

trauen in seine Rechnungen setzten, um sie zum Ausgangspunkte für anhaltende Nachforschungen am gestirnten Himmel zu machen. Wie es täglich im offenen Kampfe unter Gelehrten über verschiedene wissenschaftliche Fragen geschieht, so hat Adams nicht allen Anforderungen des Programmes genügt. Ich habe es oft ausgesprochen, es gibt nur eine rationelle und gerechte Weise, die Geschichte der Wissenschaften zu schreiben: sie muß sich ausschließlich auf Veröffentlichungen mit bestimmtem Datum stützen; wird dies vernachlässigt, so entsteht Verwirrung und Unklarheit. Da Adams seine Berechnungen nur englischen Astronomen mitgetheilt hat, die sie geheim hielten, und keinen Nutzen für die Aufsuchung des Neptun daraus zogen, so hat er kein Recht, an dem Ruhme der Entdeckung des Planeten Neptun irgendwie Antheil zu nehmen. Dies ist ein endgültiger Beschluß, den die Geschichte verzeichnen wird, und gegen welchen übrigens Adams, dessen sehr beachtungswerthe Rechnungen später publicirt worden sind, sich auch niemals erhoben hat.

Leverrier's Rechnungen zur Bestimmung des Ortes des Neptun im Augenblicke seiner Entdeckung stimmten mit der Wirklichkeit in einer Weise überein, welche Bewunderung erregen mußte; man hat aber mit Unrecht in den genäherten behufs seiner Aufsuchung gegebenen Elementen der hypothetischen Bahn des neuen Planeten eine Genauigkeit finden wollen, die auch für die Zukunft gelten sollte. Die Aufgabe, um deren Lösung es sich gehandelt hatte, bestand darin, den Ort nachzuweisen, wo man in einem gegebenen Augenblicke den äußern Planeten suchen müßte, der die anomalen Aenderungen in der Bewegung des Uranus erklären könnte. Diese Aufgabe hat Leverrier vollkommen gelöst, und durch Benutzung des Resultates seiner analytischen Arbeit hat Galle in Berlin das neue Gestirn entdeckt. Die Geschichte aller übrigen Planeten beweist, daß bis damals Vesta allein auf andere Weise als durch einen glücklichen Zufall entdeckt worden war.

Aus den im 2. Kapitel des 30. Buches in Bezug auf Herschel's Untersuchungen über den Uranus mitgetheilten Einzelheiten ergibt sich, daß die Entdeckung dieses Planeten weder die Folge einer vorgefaßten Idee war, noch aus einer systematischen Combination von Beobach-

tungen hervorging. Ich will hier an die Auffindung der kleinen Planeten erinnern.

Als Keppler eine Kluft, oder wie er ſich ausdrückte, einen hiatus zwiſchen den Bahnen des Mars und des Jupiter bemerkt hatte, ſo glaubte er, daß ein Planet zwiſchen den beiden genannten Körpern unſeres Sonnenſyſtemes exiſtiren müſſe. Der hiatus trat ſehr deutlich hervor, als die Abſtände der alten Planeten und ſelbſt des Uranus von der Sonne nach dem bekannten Bode'ſchen, oder richtiger geſagt Titius'ſchen Geſetze (S. 118) in eine Reihe geordnet wurden. Ueberzeugt von der Exiſtenz dieſes Planeten zwiſchen Mars und Jupiter vereinigten ſich auf Schröter's Anregung 24 deutſche Aſtronomen zu ſeiner Aufſuchung; indeß blieben ihre Bemühungen erfolglos.

Mit der Anfertigung eines Sternkatalogs beſchäftigt entdeckte Piazzi zu Palermo am erſten Tage des 19. Jahrhunderts die Ceres.

Zwei Jahre ſpäter, am 28. März 1802, bemerkte Olbers in Bremen zufällig die Pallas, als er die Gegend des Himmels durchſuchte, wo ſich Ceres damals befand.

Harding wies das Vorhandenſein der Juno nach, während er mit der Durchmuſterung des Himmels zur Gewinnung der Grundlagen für ſeine ſchönen Karten beſchäftigt war.

Bis hierher hatte der Zufall allein zu dieſen wichtigen Entdeckungen geführt. Die Auffindung der Veſta dagegen wurde durch eine eigenthümliche Idee von Olbers veranlaßt, die übrigens, wie ich bereits S. 149 erwähnt habe, auf keineswegs unwahrſcheinliche Betrachtungen geſtützt war.

Der berühmte bremer Aſtronom hatte nämlich zu bemerken geglaubt, daß die Bahnen der Ceres und Pallas ſich in zwei Punkten des Raumes ſchnitten, durch welche ebenfalls die Bahn der Juno ging. Dieſe auffallende Thatſache, und einige Beobachtungen über gewiſſe allerdings ſchwierig zu conſtatirende Unregelmäßigkeiten in der Geſtalt der neuen Planeten führten ihn zu der Annahme, daß ſie Bruchſtücke eines großen Planeten wären, der ehemals in einem den drei Bahnen gemeinſchaftlichen Punkte zerſprungen ſei. Er glaubte, daß möglicherweiſe noch weitere Bruchſtücke jenes urſprünglichen Planeten in denſelben Regionen exiſtirten, und bei jedem ihrer Umläufe um die Sonne durch

die zuvor erwähnten Durchschnittspunkte gehen müßten. Diese Punkte lagen in der Jungfrau und im Wallfisch. Olbers ließ es sich daher angelegen sein, jedes Jahr die Sterne dieser Bilder besonders zur Zeit, wo sie in Opposition stehen, zu beobachten. Ein glänzender Erfolg krönte seine Bemühungen, als er am 29. März 1807 die Vesta entdeckte.

Ich frage jetzt auch die befangensten Personen, welche Aehnlichkeit, welche Analogie zwischen der scharfsinnigen aber seltsamen Idee Olbers', zwischen der Annahme, die diesen berühmten Astronomen zur Entdeckung der Vesta führte, und zwischen den ohne Hypothese irgend einer Art auf die Theorie der allgemeinen Anziehung gestützten Rechnungen Leverrier's zu finden ist. Mittelst dieser Rechnungen konnte nicht blos behauptet werden, daß ein Planet, falls er existirte, zu unbestimmter Zeit durch dieses oder jenes Sternbild gehen müßte; sie lieferten vielmehr den Nachweis, daß in einer bestimmten Richtung und in einem bestimmten Abstande jenseits des Uranus nothwendig ein Planet existiren müsse.

Man hat angeführt, daß einige Astronomen, gestützt auf das empirische Gesetz des Titius, die Existenz eines neuen Planeten jenseits des Uranus vorhergesagt hätten. Das Titius'sche Gesetz berechtigt zu keinem derartigen Schlusse; Alles, was man logisch daraus folgern könnte, würde darin bestehen, daß wenn ein Planet in jenen Regionen existirte, sein Abstand von der Sonne ungefähr doppelt so groß als der des Uranus sein müßte. Uebersehen wir außerdem nicht, daß das gewöhnlich unter dem Namen des Bode'schen bekannte Gesetz keine theoretische Begründung hat, daß ihm die Genauigkeit fehlt, und daß es nicht vermochte die Richtung anzuzeigen, in welcher das neue Gestirn stehen mußte, ja überhaupt nicht einmal seine Existenz zu constatiren [4]).

Die Wichtigkeit, welche Himmelskarten mit Sternen der neunten und selbst der zehnten Größe für die Aufsuchung neuer Planeten haben können, ist in sehr hervorstechender Weise durch die Entdeckung des Neptun dargethan worden, den Galle in Berlin sofort nach dem Empfange der Anweisungen Leverrier's entdeckte. Zum großen Theile verdankt man auch den berliner akademischen Sternkarten die Entdeckung der so zahlreichen kleinen Planeten, welche ihre Bahnen zwi-

ſchen Mars und Jupiter durchlaufen. Die neuern Aſtronomen haben auf die Entwerfung ſolcher Karten eine fruchtbare Methode der Unterſuchung gegründet, und namentlich gebührt Beſſel der Ruhm dieſes der Wiſſenſchaft geleiſteten ungemein großen Dienſtes. In ſeiner Gedächtnißrede auf Beſſel ſpricht Encke in dieſer Beziehung folgende Worte aus, die ich hier aufnehme, um die kurzen Andeutungen in Bezug auf die Geſchichte der planetariſchen Aſtronomie zu vervollſtändigen: „So wie der vortreffliche Harding'ſche Atlas ein vervollſtändigtes Bild des geſtirnten Himmels iſt, wie die Histoire céleste als Grundlage betrachtet es zu geben vermochte, ſo entwarf Beſſel, nachdem der erſte Hauptabſchnitt ſeiner Zonenbeobachtungen vollendet war, den Plan, auf dieſen eine noch ſpeciellere Darſtellung des geſtirnten Himmels zu gründen, welche nicht blos das Beobachtete wiedergeben, ſondern mit Conſequenz die Vollſtändigkeit erreichen ſollte, welche jede neue Erſcheinung unmittelbar wahrnehmen laſſen würde. Die akademiſchen Sternkarten nach Beſſel's Plane angelegt, haben, wenn ſie auch bis jetzt noch nicht den erſten vorgeſetzten Cyklus abgeſchloſſen haben, und wenn auch der Eifer der Bearbeiter nicht überall dem großartigen Plane entſprochen hat, doch den Zweck der Auffindung neuer Planeten auf das glänzendſte erreicht, da ſie hauptſächlich, wenn auch nicht ganz allein, bis jetzt fünf neue Glieder unſeres Sonnenſyſtemes haben auffinden laſſen und die Zahl der neueren Planeten gegen die den Alten bekannten dadurch verdreifacht[5]."

Die im Abriß gegebene Geſchichte der Entdeckung aller Planeten wird, wie ich hoffe, für jeden unparteiiſchen Mann den Beweis liefern, daß die Entdeckung des Planeten Neptun einer der ſchönſten Triumphe der aſtronomiſchen Theorien iſt, einer der Ruhmesanſprüche der pariſer und berliner Akademie, eines der ſchönſten Anrechte unſeres Jahrhunderts an die Dankbarkeit und Bewunderung der Nachwelt.

Viertes Kapitel.

Aeltere Beobachtungen des Neptun.

Wie beim Uranus (S. 394), ebenso lag es nach der Auffindung des Neptun nahe, nachzusuchen, ob nicht auch dieser Planet bereits als ein Fixstern beobachtet worden, bevor seine planetarische Natur erkannt war. Das Vorhandensein älterer Beobachtungen schwächt aber in keiner Weise den Ruhm der astronomischen Entdeckung; es kann ihr nur ein größeres Interesse verleihen, indem es den Zeitpunkt beschleunigt, wo die Elemente des neuen Planeten hinreichend genau sein werden, um die theoretisch berechnete Bahn mit der wirklichen zu vergleichen, und durch dieselbe Methode, welche 1846 mit so glücklichem Erfolge gekrönt wurde, einen neuen störenden Planeten jenseit des Neptun entdecken zu können. Die von Petersen, Walker und Mauvais in der Histoire céleste von Lalande (S. 158) angestellten Nachforschungen haben gezeigt, daß Lefrançais de Lalande in der That am 8. und 10. Mai 1795 den Neptun als einen Stern achter Größe beobachtet hat[6]). Walz hat mit gerechtem Erstaunen bemerkt, daß dieser Stern in den 1822 von Harding herausgegebenen Karten, und in der 1831 zu Berlin erschienenen Karte eingetragen war. Wenn, wie man vorausgesetzt hat, kein Stern anders als nach eigener Beobachtung durch die Verfasser eingetragen worden wäre, so würde man zu der Annahme geführt, daß der fragliche Stern periodisch sei, daß er sich zu Lalande's Zeit in der Phase seiner Unsichtbarkeit befunden, und der Planet genau seinen Platz eingenommen habe; indeß scheint eine solche Annahme, die zu den eben angedeuteten Consequenzen führt, rücksichtlich des Thatsächlichen starken Einwürfen zu unterliegen.

Außer den angeführten Beobachtungen von 1795 sind aus der Zeit vor seiner Entdeckung noch zwei von Hind in den Zonen von Lamont (in München) aufgefundene Beobachtungen des Neptun, die eine vom 25. October 1845 und die andere vom 7. September 1846 bekannt. In der ersten ist der Planet als Stern neunter Größe angegeben, und in der zweiten erscheint er als Stern achter Größe.

Man hat behauptet, der Planet Neptun sei schon vor Leverrier's Arbeit als Planet gesehen, und namentlich sind Beobachtungen von

Cacciatore und Wartmann angeführt worden. Cacciatore vermuthete nämlich im Mai 1835 zu Palermo einen Planeten geſehen zu haben, den er nachher nicht wieder finden konnte; indeß würde dieſer Planet im Jahre 1846 eine Gegend des Himmels eingenommen haben, welche derjenigen, wo der Neptun entdeckt wurde, diametral gegenüber liegt. Wartmann ferner glaubte, in Genf am 6. und 25. September, ſowie am 15. October und 1. November 1831 ein ſehr ſchwaches mit einer rückläufigen eigenen Bewegung begabtes Geſtirn bemerkt zu haben. Die Aſtronomen haben von dieſen Beobachtungen keine Notiz genommen, ſie haben ſie ſogar nicht angeführt: ihre Strenge war auf dieſelben Motive gegründet, welche ſie im Jahre 1759 lange Zeit abhielten, von den Beobachtungen Meſſier's in Bezug auf die Rückkehr des Halley'ſchen Kometen Gebrauch zu machen, die auf den nicht zu entſchuldigenden ausdrücklichen Befehl des Aſtronomen de l'Isle, dem Meſſier untergeordnet war, geheim gehalten worden waren. Muß man ſich in der That nicht wundern, daß Wartmann ſich nicht beeilte, der gelehrten Welt ſeine eben gemachte Entdeckung eines in Bewegung begriffenen Geſtirns mitzutheilen, beſonders dann, wenn er perſönlich kein Mittel beſaß, die Lage deſſelben mit Genauigkeit zu beſtimmen? Muß man nicht darüber erſtaunen, daß der genfer Beobachter ſich erſt entſchließt ſeine Entdeckung bekannt zu machen, als es unmöglich geworden war, ihre Wirklichkeit nachzuweiſen. Uebrigens kommt Wartmann im Jahre 1837, nachdem er die Stellen des Himmels, wohin der vermeintliche Planet ſich begeben haben konnte, aufmerkſam durchforſcht hatte, zu dem Schluſſe, das Geſtirn ſei verſchwunden; ein Schluß, der mit der Annahme einer kreisförmigen oder wenig excentriſchen Bahn um die Sonne, mit der Exiſtenz eines wahren Planeten unvereinbar iſt. In allen Fällen aber würde im September 1846 das Geſtirn Wartmann's weiter vom Neptun entfernt geweſen ſein, als Rigel im Orion, und jede Verwechſelung zweier ſo weit getrennter Geſtirne iſt unmöglich.

Fünftes Kapitel.

Monde des Neptun.

Als im Auguſt 1847 Laſſell zu Starfield in der Nähe von Liverpool den Neptun mit einem Newton'ſchen Teleſkope von 24 Zoll engl. Oeffnung und 20 Fuß Brennweite bei 205- bis 370facher Vergrößerung beobachtete, entdeckte er einen Mond, der im September ebenfalls von Otto Struve in Pulkowa und von Bond in Cambridge (in den Vereinigten Staaten) beobachtet wurde. Nach Otto Struve's Beobachtungen erfolgt der Umlauf dieſes Mondes in 5 Tagen 21 Stunden; die Neigung ſeiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt 34° 7′, und ſein Abſtand vom Mittelpunkte des Planeten gegen 50000 Meilen.

Im Monat Auguſt 1850 hat Laſſell bei 628facher Vergrößerung noch einen zweiten Mond zu ſehen geglaubt; indeß iſt dieſe letztere Beobachtung noch nicht beſtätigt worden. In Betreff des Ringes, wovon einige Aſtronomen den Planeten umgeben glaubten, iſt durch ſorgfältige Unterſuchungen nachgewieſen, daß man optiſche Täuſchungen für die Wirklichkeit genommen hat.

Zweiunddreißigſtes Buch.

Jahreszeiten und Klimate.

Erſtes Kapitel.

Vorwort.

Bevor ich zu einer aſtronomiſchen Erklärung der Jahreszeiten und Klimate ſchreite, muß ich die Aufmerkſamkeit des Leſers auf eine Menge von Erſcheinungen richten, welche in mehreren unſerer ausgezeichneten Handbücher der Phyſik ſehr ausführlich erörtert werden. Indeß bin ich der Anſicht geweſen, daß es dem Leſer nicht unlieb ſein wird, dieſelben hier unter einem und demſelben Geſichtspunkte vereinigt zu finden. Sollte ich mich irren, ſo wird man alle die, wie ich einräume, ziemlich langen Vorerörterungen überſchlagen können, welche ich in dieſem Buche der populären Aſtronomie vereinigen zu müſſen glaubte. Meine Abſicht war, genaue Erläuterungen über die Phänomene zu geben, von welchen das Wetter abhängt. Wenn die Erſcheinungen der Jahreszeiten ihrem allgemeinen Gange nach erklärt werden können, ſo gibt es doch eine beträchtliche Zahl von zufälligen Vorgängen, welche die meteorologiſchen Zuſtände, inmitten deren wir leben, modificiren. Auch iſt es dem Aſtronomen völlig unmöglich, mit einiger Sicherheit das zukünftige Wetter ein Jahr, einen Monat, eine Woche, ja auch ſelbſt nur einen Tag vorherzuverkündigen.

Aus einer Predigt Boſſuet's kommend ſchrieb Madame de Sévigné ihrer Tochter: „Der Biſchof von Meaux ſchlägt ſich auf Tod und Leben mit ſeinem Auditorium.“ Ich wünſche nun nach Verhält-

niß nicht, daß man ein Gleiches von dem Profeſſor der Aſtronomie am Obſervatorium ſage; ich geſtatte, ohne mich im Mindeſten darüber zu betrüben, einem Jeden, ſeine vorgefaßten Meinungen zu behalten, ſelbſt wenn ich ſie meiner Anſicht nach ganz und gar über den Haufen geworfen habe. Ich nehme nur die Berechtigung für mich in Anſpruch, bei meiner Meinung zu verharren, ſo lange ſie nicht durch ſtichhaltige Gründe widerlegt iſt, ſo lange man ihr nur unbeſtimmte, unfaßbare Ideen entgegenſtellt. Mein Widerſpruch gegen die Behauptung einer Wetterprophezeiung wird in keiner Weiſe erſchüttert, wenn man ſagt: „Siehſt du nicht, daß die Prophezeiungen oft in Erfüllung gehen?“ Zufälliges Zuſammentreffen beweiſt gar Nichts; es iſt eben ein Kind des Zufalls, und die Fälle des Nichtzutreffens ſind viel zahlreicher als die des Zutreffens, die man anzuführen vermag. Die Lectüre dieſes Buches wird hoffentlich zeigen, daß z. B. die plötzlichen Aenderungen, welche die Temperaturen jedes Klimas, jeder Jahreszeit darbieten, alle menſchliche Vorausſicht zu Schanden werden laſſe.

Zweites Kapitel.

Thermometer. — Temperaturen.

Das Thermometer iſt ein zu bekanntes Inſtrument, als daß ich mich bei einer Beſchreibung ſeiner Einzelheiten aufzuhalten brauchte; ich will nur an das ſeiner Conſtruction zu Grunde liegende Princip erinnern. Wird ein Körper erhitzt, ſo nehmen ſeine Dimenſionen zu, man ſagt, er dehne ſich aus; wird er dagegen erkältet, ſo werden ſeine Dimenſionen kleiner, oder der Körper zieht ſich zuſammen. Die Aenderungen der Volumina oder der Dimenſionen der Körper ſind nun als Maaß oder als Vergleichungswerth für die Aenderungen der Wärmezuſtände angenommen worden, unter welchen dieſe Körper ſich befinden. Man iſt übereingekommen, mit 0° den durch das Gefrieren des Waſſers angezeigten Zuſtand zu bezeichnen, und 100° zu ſetzen, wenn das Waſſer unter dem mittleren Barometerſtande am Ufer des Meeres ſiedet. Wird der Zuwachs des Volumens, welchen das

in Glas eingeſchloſſene Queckſilber erhält, wenn es aus dem erſten Zuſtande in den zweiten übergeht, in 100 gleiche Theile getheilt, ſo hat man einen Temperaturgrad nach der hunderttheiligen Skale. Man würde einen Grad nach Réaumur erhalten, wenn man die Zahl 80 zum Siedepunkte des Waſſers ſchriebe, und die Zunahme des Volumens, welche das Queckſilber im Inſtrumente beim Erhitzen vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Waſſers erfährt, in 80 gleiche Theile theilte. In der Fahrenheit'ſchen Skale ſteht 32° am Gefrierpunkte, 212° am Siedepunkte, und die Zunahme des Volumens des Queckſilbers zwiſchen beiden wird in 180 gleiche Theile getheilt. Nach dieſen Beſtimmungen iſt es leicht Angaben nach einer Skale in Grade der beiden anderen zu verwandeln. Die Theilungen werden übrigens jenſeits der beiden genannten feſten Punkte fortgeſetzt. Man ſieht ferner, daß man durch Vergleichung der Dimenſionen eines beliebigen Körpers, z. B. einer Metallſtange mit den Anzeigen eines Queckſilberthermometers, ein Metallthermometer conſtruiren kann, das zur Vergleichung ſolcher Wärmezuſtände dient, wo das Queckſilber erſtarrt, oder ſich verflüchtigt, und deshalb das gewöhnliche Thermometer unbrauchbar wird.

Man ſagt, daß zwei Körper einerlei Temperatur beſitzen, wenn zwei unter einander vergleichbare Thermometer, die mit der Oberfläche derſelben in Berührung gebracht, oder noch beſſer in ihr Inneres getaucht ſind, denſelben Grad zeigen. Gewöhnlich ſchreibt man die Aenderungen der Temperatur der Körper der Vermehrung oder Verminderung eines imponderablen Fluidums zu, das ſich mit dieſen Körpern verbindet und Wärme oder Wärmeſtoff genannt wird [1]).

Iſt ein heißer Körper mit einem kalten in Berührung, ſo kühlt ſich der erſtere ab, während der zweite ſich erwärmt. Aehnliche Ausgleichungen der Temperatur treten in der Entfernung und ſelbſt im leeren Raume ein. In den folgenden Kapiteln werde ich die verſchiedenen Weiſen prüfen, wie die Temperatur eines Körpers geändert werden kann.

Drittes Kapitel.

Mittheilung der Wärme durch Berührung.

Wenn ein heißer Körper A mit einem andern kältern, d. h. verhältnißmäßig weniger heißen B in Berührung kommt, ſo geht ein Theil der Wärme des erſtern durch die Berührungsſtelle in den kältern B über; ein Vorgang, der erſt aufhört, wenn beide Körper dieſelbe Temperatur erlangt haben.

Die beiden Körper A und B erreichen um ſo ſchneller dieſelbe Temperatur, je ſchneller der Körper B die von A empfangene Wärme in ſeiner ganzen Maſſe vertheilt, was von der ſogenannten Leitungsfähigkeit des Körpers B für die Wärme abhängt.

Leitungsfähigkeit heißt die mehr oder minder entwickelte Eigenſchaft des erhitzten Theiles eines Körpers, den übrigen Theilen deſſelben ohne irgend eine Verſchiebung der Molecüle ſeine Wärme mitzutheilen.

Unter den bekannten Körpern beſitzen die Flüſſigkeiten, z. B. das Waſſer, dieſe Fähigkeit im geringſten Grade. Wenn man nur die Oberfläche einer flüſſigen Maſſe erhitzt, ſo pflanzt ſich die Wärme kaum zu den unteren Schichten fort; erkaltet man dagegen die obere Fläche einer Flüſſigkeit, ſo theilt ſich die Kälte ziemlich ſchnell den tiefern Schichten mit. Sehr mit Unrecht würde man aber hieraus den Schluß ziehen, daß die Flüſſigkeiten eine viel größere Leitungsfähigkeit für die Kälte als für die Wärme beſäßen. Der Grund jener Erſcheinung liegt darin, daß, wenn eine Flüſſigkeit in ihren oberen Theilen erkaltet, ihre Molecüle dichter werden, und infolge deſſen zu Boden ſinken; es tritt dann alſo eine Verſchiebung der Molecüle ein, welcher Umſtand durch die oben gegebene Definition der Leitungsfähigkeit ausgeſchloſſen war.

Dagegen zeichnen ſich unter den bekannten Körpern die Metalle durch die größte Leitungsfähigkeit aus; übrigens finden ſich in dieſer Beziehung je nach ihrer Natur doch noch bedeutende Unterſchiede unter denſelben. Die beſten Leiter ſind Gold, Platin, Silber, Kupfer. Mit ſchwächerem Leitungsvermögen begabt haben ſich dagegen bei den Verſuchen Eiſen, Zink, Zinn, Blei erwieſen.

Zu den Körpern mit der geringſten Leitungsfähigkeit gehören die gewöhnliche Kohle, Holz, Ziegelſteine und erdige Subſtanzen. Die Luft und die übrigen Gaſe ſind ſchlechte Wärmeleiter, und man ſchreibt der in dem Pelzwerk und den faſerigen Subſtanzen, die wir zu unſerer Kleidung verwenden, eingeſchloſſenen Luft zum Theil die ſchlechte Leitungsfähigkeit dieſer Körper für die Wärme zu.

Viertes Kapitel.

Mittheilung der Wärme durch Strahlung. — Bewegliches Temperaturgleichgewicht.

Wir wollen annehmen, ein kalter Körper B befinde ſich im Mittelpunkte einer vollſtändig geſchloſſenen, aus einer wärmeren Subſtanz gebildeten Hülle A, und dieſe Hülle ſei von aller in ihr enthaltenen atmoſphäriſchen Luft mittelſt einer Luftpumpe befreit. Dieſer letztere Umſtand wird für die Hülle A und den Körper B kein Hinderniß ſein, nach einer gewiſſen Zeit denſelben Temperaturgrad anzunehmen; der Körper B wird ſeine Temperatur erhöht haben, während allen Punkten der Hülle ein Theil ihrer urſprünglichen Wärme entzogen worden. Auf welche Weiſe wird dieſe Mittheilung bewirkt, da doch die Oberflächen weder einander unmittelbar berühren, noch durch irgend eine Zwiſchenſubſtanz in Verbindung ſtehen?

In vorliegendem Falle iſt die Mittheilung durch die ſogenannte ſtrahlende Wärme erfolgt, d. h. eine Wärme, die in Bezug auf die Art und Weiſe ihrer Fortpflanzung dieſelben Eigenſchaften beſitzt, wie das Licht; durch Strahlen, die man dunkles Licht würde nennen können.

Von allen Punkten der Hülle A ausgehende Wärmeſtrahlen treffen auf die Oberfläche des Körpers B und erhöhen, indem ſie daſelbſt abſorbirt werden, die Temperatur deſſelben; dies iſt einleuchtend, denn ohne ſolche Mittheilung durch Strahlung würde der ſchließliche Eintritt einer gleichen Temperatur der beiden Körper A und B gar nicht zu erklären ſein. Was wir in Bezug auf die Wirkungsweiſe der Hülle A in ihrer ganzen Ausdehnung gefunden haben, muß aber auch von jedem ihrer Theile in getrenntem Zuſtande gelten.

Wenn alſo zwei ungleich ſtark erhitzte Körper A und B in gegenſeitiger Nähe ſtehen und nach einer gewiſſen Zeit dieſelbe Temperatur angenommen haben, ſo rührt dies daher, daß der heiße Körper A einen Theil ſeiner Wärme in Form einer Strahlung dem kalten Körper B zugeſandt hat; dieſer im Vergleich zu A kalte Körper B kann aber im Verhältniß zu einem dritten in ſeiner Umgebung befindlichen Körper C wieder heiß ſein, und alſo gegen dieſen Körper C Wärme ausſtrahlen. Wird ſich B paſſiv gegen A verhalten? dies iſt ſehr unwahrſcheinlich.

Unterſuchen wir jetzt den Fall, wo genau unter den frühern Umſtänden der Körper B heißer iſt als die Hülle A. Nach einiger Zeit werden alle Punkte der Hülle A und des Körpers B dieſelbe Temperatur erreicht haben; dies Mal aber wird der Körper B durch Ausſtrahlung von Wärme aus allen Punkten ſeiner Oberfläche erkaltet ſein, während die Hülle A durch Abſorption jener Strahlen ihre Temperatur erhöht hat.

Wir haben geſehen, daß der Körper A dem Körper B Wärmeſtrahlen zuſandte, ſo lange er heißer war als letzterer, und uns bis jetzt die Annahme gefallen laſſen, daß die Strahlung aufhöre, ſobald beide in gegenſeitiger Nähe befindliche Körper dieſelbe Temperatur erlangt haben; indeß iſt dieſe Annahme faſt ebenſowenig begreiflich, als das im vorigen Falle ausgeſprochene Bedenken.

Beide Schwierigkeiten verſchwinden durch die Annahme, daß die Körper A und B, mögen ſie gleiche oder ungleiche Temperaturen beſitzen, gleichzeitig einander Wärme zuſtrahlen. Nur ein Unterſchied exiſtirt zwiſchen dieſen beiden Fällen: wenn die Körper gleich warm ſind, ſo compenſiren ſich die gegenſeitigen Strahlungen; im entgegengeſetzten Falle ſendet der heiße Körper dem kalten mehr Strahlen zu, als er von letzterem empfängt, und muß deshalb erkalten. Dieſe Erklärung der Temperaturgleichheit, welche zwiſchen zwei in gegenſeitiger Nähe befindlichen, von Anfang an mit gleichen Wärmemengen verſehenen Körpern beſteht, hat ihr Urheber, Pierre Prévoſt, die Theorie des beweglichen Gleichgewichts genannt.

Aus allen zuvor angeführten Thatſachen folgt, daß ſämmtliche Naturkörper, ſelbſt die dem Mineralreiche angehörenden, in Bezug auf die Mittheilung der Wärme nicht rein paſſive Rollen ſpielen, ſon-

dern unaufhörlich und nach allen Seiten hin dunkle Wärmeſtrahlen ausſenden; in dieſer Beziehung würde man ſagen können, ſie leben.

Fünftes Kapitel.

Strahlungs- und Abſorptionsvermögen der Körper.

Ein Körper ſendet in einer gegebenen Zeit durch Strahlung eine um ſo größere Wärmemenge aus, je höher ſeine Temperatur iſt; indeß iſt die anfängliche Temperatur deſſelben nicht der einzige Umſtand, von welchem die Intenſität der Strahlung abhängt. Denn man hat durch directe Experimente gefunden, daß unter übrigens gleichen Umſtänden die in einer gegebenen Zeit ausgeſtrahlte Wärmemenge ſich mit der Natur der Körper, und bei Körpern von derſelben Subſtanz mit dem Zuſtande ihrer Oberfläche, z. B. dem Grade ihrer Politur oder ihrer Farbe ändert. Nach ihrem Strahlungsvermögen, von dem ſtärkſten angefangen, zeigen die Metalle folgende Ordnung: Platin, Eiſen, Stahl, Zink, Gold, Silber, Kupfer und Zinn. Die grünen Subſtanzen der Pflanzen beſitzen ein größeres Strahlungs- oder Emiſſionsvermögen als die Metalle und Steine. Schwarze Körper zeigen eine ſtärkere Strahlung als ſolche mit weißer Oberfläche.

Die Erfahrung lehrt übrigens, daß die Ausſtrahlungs- und Abſorptionsvermögen der Körper für die Wärme einander ſtets entſprechen: diejenigen Körper, welche am meiſten ausſtrahlen, ſind auch diejenigen, welche den größten Theil der auf ihre Oberfläche fallenden Wärme abſorbiren.

Sechſtes Kapitel.

Auf welche Weiſe erkalten die Körper durch Strahlung ihrer Wärme gegen die Regionen des Raumes?

Wir wollen unterſuchen, ob die Gegenſtände, welche einen beſtimmten Horizont, z. B. den von Paris bilden, mit Körpern in ſtrahlender Beziehung ſtehen, die zu ihrer Erkaltung beitragen können.

Alles von dem genannten Horizonte Auszusagende wird sich Wort für Wort auf jeden andern ähnlich gelegenen Raum von gleicher Ausdehnung anwenden lassen.

Beobachtungen auf allen Luftfahrten haben gezeigt, daß die Temperatur um so mehr sinkt, je höher man in der Atmosphäre steigt. Schon in den Höhen von ungefähr 7000 Metern über der Meeresfläche, welche auf den Luftfahrten von Gay-Lussac und von Barral und Biriо erreicht wurden, stand das Thermometer im Sommer 40 bis 60° tiefer als in den untern Regionen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß man eine noch tiefere Temperatur beobachtet hätte, wenn man noch höher gestiegen wäre, und daß der Raum jenseits der Grenzen der Atmosphäre noch kälter ist.

Die festen Erdschichten senden ihre Wärme nach den obern Regionen der Atmosphäre, in den Raum, ohne von dieser Seite Strahlen in hinreichender Zahl, um ihren Verlust zu compensiren, wieder zu empfangen. Diese festen Schichten müssen also erkalten. Untersuchen wir jetzt, wie weit die Thatsachen mit dieser Theorie übereinstimmen.

An einem Orte, dessen Horizont völlig frei ist, wollen wir zur Nachtzeit ein oder zwei Meter über dem Boden Flocken Wolle, Baumwolle, Schwanenflaum in der Luft aufhängen. Wir stellen über diese Flocken einen hölzernen Schirm von einer gewissen Dicke, der ihnen fast ganz die Aussicht auf den Himmel verdeckt.

Bei diesen Vorkehrungen werden unter dem Schirme aufgestellte Thermometer nahezu denselben Temperaturgrad anzeigen, mögen ihre Kugeln sich in der Luft, in geringem Abstande von der untern Fläche des Holzes oder innerhalb der Substanz der drei Flocken befinden.

Entfernen wir dann, während sonst Alles unverändert bleibt, den Schirm, so beginnen die mit dem Schwanenflaum, der Wolle und Baumwolle in Berührung stehenden Thermometer sofort zu erkalten. Bei hellem Himmel kann das Thermometer, dessen Kugel von Schwanenflaum umgeben ist, 7 bis 8° sinken; die beiden andern Thermometer werden gleichfalls, aber etwas weniger sinken.

Gras zeigt unter denselben Umständen eine Temperaturerniedrigung von 6 bis 7°.

Mit Schnee hat man ein Sinken um 8°,9 beobachtet.

Wiederholen wir nun den Verſuch mit der Abänderung, daß wir die faſerigen Subſtanzen durch polirte Metallplatten von einer gewiſſen Dicke erſetzen. Auch die mit ihnen in Berührung ſtehenden Thermometer erfahren eine Temperaturerniedrigung, die aber nur 1 bis 2° beträgt.

Wir haben in Vorſtehendem das Sinken der Thermometer in Berührung mit den faſerigen Subſtanzen, mit Gras, Schnee und Metallen, nach Entfernung des Schirmes unterſucht. Was wird aber unter denſelben Umſtänden aus dem Thermometer, das in die Luft getaucht war, und auch von dem Schirme bedeckt wurde? Sein Stand bleibt nahezu unverändert.

Aus dieſen Verſuchen ergeben ſich mehrere Thatſachen von ungemeiner Wichtigkeit:

Gewiſſe Körper, wie Elderdunen, Schnee u. dergl. erkalten ſchnell und beträchtlich, wenn in einer hellen Nacht kein Schirm ihnen die Ausſicht auf den Himmel verdeckt.

Andere Körper, wie die Metalle, ſinken ebenfalls in ihrer Temperatur, aber viel weniger als die faſerigen Subſtanzen und der Schnee.

Unter den verſchiedenen Metallen finden in dieſer Beziehung Unterſchiede ſtatt.

Die Atmoſphäre endlich, eine gasförmige Subſtanz, erkaltet nicht merklich.

Ich will ſogleich auf zwei Bedenken eingehen, die einem Jeden einfallen werden; das erſte bezieht ſich auf das Verhalten des Holzſchirmes, und das zweite auf die Rolle, welche das Thermometer ſpielt.

Wird der Schirm als feſter Körper in der erſten Periode des Verſuches nicht durch Strahlung erkalten müſſen?

Die Temperatur des Schirmes muß an ſeiner obern Fläche ſinken, und ſinkt auch in der That. Wir haben aber den Schirm von einer gewiſſen Dicke und aus Holz, das nur eine ſehr geringe Leitungsfähigkeit für die Wärme beſitzt, angenommen. Aus beiden Umſtänden ergibt ſich, daß die untere Fläche des Schirmes keine merkliche Abkühlung erfährt, und daß das mit ihr in Berührung befindliche

Thermometer, wie oben angegeben, denſelben Grad zeigt, wie die in die Luft, den Schwanenflaum u. ſ. w. eingeſetzten Thermometer.

Das zweite Bedenken betrifft das Thermometer ſelbſt. Man kann fragen, ob dies Inſtrument nicht auch wie Eiderdunen, Flaum, Metalle u. ſ. w. erkalten müſſe. Das Bedenken iſt allerdings begründet; indeß iſt zu bemerken, daß die Kugel des Thermometers polirt und von Glas iſt, was eine nur geringe Strahlung bedingt, ſo daß die erhaltenen Reſultate ſehr wenig durch die Strahlung des angewandten Inſtrumentes abgeändert werden können.

Erwägt man nun, daß die Subſtanzen, welche bei obigen Verſuchen am ſtärkſten erkalten, gerade diejenigen ſind, bei denen die Phyſiker durch Beobachtungen in ihren Cabineten das größte Ausſtrahlungsvermögen gefunden haben, und daß auch für die Reihe der Metalle die Ordnung der beobachteten Temperaturerniedrigungen mit der Ordnung ihrer Ausſtrahlungsvermögen zuſammenfällt: ſo kann Niemand bezweifeln, daß obige Erſcheinungen von dem Ausſenden mehr oder weniger zahlreicher Wärmeſtrahlen ſeitens der unterſuchten Körper gegen die ſehr kalten Regionen des Raumes, wofür ſie kein genügendes Aequivalent zurückerhalten, abhängen. Es iſt ebenfalls ausgemacht, daß unſere Atmoſphäre nicht merklich ausſtrahlt.

Die vorſtehende Verſuchsreihe wurde bei heiterm Himmel ausgeführt. Wiederholen wir dieſelbe bei vollkommen bedecktem Himmel, ſo wird die Hinwegnahme des Schirmes kaum eine merkliche Temperaturerniedrigung bei denjenigen Subſtanzen, welche von der Strahlung gegen den heitern Himmel am meiſten betroffen werden, veranlaſſen; die Metalle werden in ihrer Temperatur keine wahrnehmbare Aenderung zeigen.

Hier vertreten alſo offenbar die Wolken die Stelle des hölzernen Schirmes in den vorigen Verſuchen; eben ſo wie letzterer verhindern ſie die Ausſtrahlung der Körper auf der Oberfläche der Erde gegen die höchſten Regionen der Atmoſphäre und des Raumes; nur kann die Strahlung von Seiten der Wolken, da dieſe mit der Schicht der Atmoſphäre, wo ſie ſchwimmen, einerlei Temperatur beſitzen, um ſo weniger vollſtändig die Ausſtrahlung der Körper an der Erdoberfläche compenſiren, als die von ihnen eingenommenen Regionen höher

oder kälter sind. Dies Resultat stimmt mit den Beobachtungen überein*).

Zuvor hatten wir angenommen, daß der Horizont an unserm Beobachtungsorte nach allen Seiten hin vollkommen frei wäre. Ist nun ein Theil des Himmels verdeckt, so werden unter übrigens gleichen Umständen die Temperaturerniedrigungen, welche die zu den Versuchen benutzten Körper erleiden, in demselben Verhältnisse abnehmen.

Zeigt der Himmel, anstatt völlig heiter oder bedeckt zu sein, zerstreute Wolken, so müssen die Erkaltungen zwischen diejenigen fallen, welche in den beiden extremen Zuständen der Atmosphäre beobachtet sein würden.

Ein mit gewisser Heftigkeit wehender Wind hindert die in Rede stehenden Temperaturerniedrigungen. Heißt dies, der Wind hindert die Strahlung gegen den Raum überhaupt? Keineswegs; die Strahlung tritt ein, aber die nicht erkalteten Schichten der Atmosphäre ersetzen bei ihrer schnellen Ortsveränderung immerfort den Körpern den Verlust an Wärme, den sie durch Strahlung erlitten haben.

Auch am Tage gelingen die bisher besprochenen Versuche, wenn sie mit hinreichender Feinheit und an Orten, wohin directe Sonnenstrahlen nicht gelangen können, angestellt werden.

Obige Betrachtungen spielen in der Theorie der Temperaturen auf der Erdoberfläche eine große Rolle; und noch mehr, sie geben, wie Dr. Wells so schön nachgewiesen hat, eine Erklärung der Phänomene des Reifes und des Thaues.

---

*) Wenn es sich träfe, daß Wolken durch gewisse Umstände trotz einer nicht beträchtlichen Höhe eine ungemein niedrige Temperatur besäßen, wie z. B. jene Wolke, welche Barral und Bixio auf ihrer bekannten Luftfahrt vom 27. Juli 1850 durchschnitten, so würden die Phänomene der Ausstrahlung seitens der Körper an der Erdoberfläche denen gleichen können, die man bei heiterem Himmel beobachtet.

Siebentes Kapitel.

Erwärmung der Körper durch die Strahlen der Sonne. — Zusammensetzung dieser Strahlen. — Chemische Wirkung. — Reflectirte, absorbirte, durchgelassene Strahlen.

Die von den Sonnenstrahlen hervorgerufenen Temperaturerhöhungen werden in Verbindung mit den Erscheinungen der Strahlung gegen den Raum uns schließlich zu der Bestimmung der Temperaturen der terrestrischen Körper in verschiedenen Jahreszeiten führen; wir müssen daher zuvor ermitteln, in welcher Weise jene Erwärmung erfolgt. Dieser Untersuchung muß aber ein aufmerksames Studium der Zusammensetzung der Sonnenstrahlen vorausgehen.

Läßt man ein Bündel fast paralleler Sonnenstrahlen durch ein Glasprisma gehen, und fängt es nach seinem Austritte aus demselben mit einem Schirme auf, so entsteht bekanntlich, wie dies auch Bd. 11, S. 91 erörtert ist, ein verbreiterter Streifen, den Newton mit dem Namen des Sonnenspectrums belegt hat. Die verschiedenen Theile dieses Spectrums zeigen verschiedene Farben; das am wenigsten abgelenkte oder mit anderem Ausdrucke das am wenigsten gebrochene Ende ist roth, das am stärksten gebrochene violet. Die zwischen beiden liegenden Farben sind von Roth aus der Reihe nach: Orange, Gelb, Grün, Blau und Indigo. Das weiße (farblose) Sonnenlicht ist also ein Gemisch aus sieben Strahlengattungen, welche durch Farbe und Brechbarkeit von einander verschieden sind.

So weit gibt uns unser Auge Auskunft. Lassen sich aber nicht noch andere Mittel ausfindig machen, um dieses Bündel von verschieden gefärbten Strahlen zu analysiren? Das Thermometer ist ein solches. Bringt man die Kugel dieses Instrumentes nach einander in die verschiedenen Theile des Spectrums, so wird sich ermitteln lassen, ob die verschieden gefärbten Strahlen gleich stark erwärmend sind.

Aeltere von Rochon in dieser Weise ausgeführte Versuche zeigten, daß im gelben Theile des Spectrums die stärkste Erwärmung eintritt, und daß sie von hier aus nach beiden Seiten des Spectrums hin abnimmt. Rückt man die Kugel eines Thermometers selbst noch etwas über die sichtbare Grenze des rothen Endes des Spectrums, so beob-

achtet man auch hier noch eine Erhöhung der Temperatur; das Sonnenlicht enthält alſo außer den ſichtbaren Strahlen von verſchiedener Brechbarkeit noch dunkle Wärmeſtrahlen, welche weniger brechbar ſind als die ſichtbaren rothen.

In den eben erwähnten Verſuchen fanden wir das Maximum der Wärme in der Mitte des Gelben; wählt man aber ein Prisma von einer andern Subſtanz, ſo beobachtet man in Bezug auf die Lage dieſes Maximums beträchtliche Aenderungen. Mittelſt eines Prismas von beſonderer Beſchaffenheit ſieht man, daß das Temperaturmaximum nicht mehr einer der ſichtbaren Strahlengattungen entſpricht, ſondern daß es jenſeits des Rothen liegt, wo das Auge gar kein Licht mehr bemerkt; dies tritt z. B. ſtets ein, wenn das Prisma aus reinem, klaren Steinſalze beſteht. Aber auch zu den verſchiedenen Stunden des Tages und beſonders an verſchiedenen Tagen ändert ſich der Ort, welchen jenes Maximum der Erwärmung einnimmt; es nähert ſich dem Rothen bald mehr bald weniger, obſchon in dem Zuſtande des Himmels, in ſeiner Reinheit und Klarheit mit den Augen Nichts zu erkennen iſt, was auf ſolche Unterſchiede ſchließen ließe.

Die dunkeln Wärmeſtrahlen, welche einen weſentlichen Beſtandtheil des Sonnenlichtes ausmachen, erleiden alſo beſondere Abſorptionen, die von eigenthümlichen Beſchaffenheiten der Atmoſphäre abhängen, und auf den Durchgang der leuchtenden Strahlen ohne Einfluß ſind.

Alle dieſe Phänomene haben die Phyſiker zu der Frage veranlaßt, ob die Wärme der verſchiedenen Sonnenſtrahlen von dunklen Strahlen herrühre, welche ihnen beigemengt ſind und durch das Prisma von den leuchtenden nicht geſchieden werden können, weil beide dieſelbe Brechbarkeit beſitzen, oder ob vielmehr zwiſchen Roth und Violet die Sonnenſtrahlen mit der doppelten Eigenſchaft zu leuchten und zu erhitzen begabt ſind? Im vorliegenden Falle iſt es nicht nöthig, näher auf dieſe Frage einzugehen, weil ihre Beantwortung in keiner Weiſe die Erklärung ändert, die ich von den verſchiedenen Erwärmungen der Körper an der Oberfläche der Erde zu den verſchiedenen Zeiten des Jahres zu geben habe.

In der Kürze gedenke ich noch einer dritten Art der Analyſe, der man die Sonnenſtrahlen unterworfen hat. Als man gewiſſe chemiſche

Substanzen in die verschiedenen Theile des Spectrums brachte, so wurden dieselben durch die verschiedenfarbigen Strahlen in sehr verschiedener Weise verändert. Das Minimum der Wirkung fand sich am rothen, das Maximum dagegen am violetten Ende und selbst noch darüber hinaus; also gerade umgekehrt als wir früher mit dem Thermometer beobachtet hatten.

Bekanntlich gründet sich auf die vom Lichte auf verschiedene Substanzen und namentlich auf die Silbersalze ausgeübte chemische Wirkung eine der schönsten Entdeckungen unseres Jahrhunderts, die Photographie. Daguerre beobachtete, daß seine kunstvollen Verfahrungsweisen besser am Morgen als am Abend gelangen, obwohl er zur Vergleichung Stunden auswählte, die gleichweit von Mittag entfernt zu gleichen Sonnenhöhen gehörten und anscheinend dieselbe Durchsichtigkeit der Atmosphäre besaßen; während man doch unter den genannten Umständen gleichartige Resultate hätte erwarten sollen. Gewisse Modificationen, welche die Durchsichtigkeit der Atmosphäre im eigentlichen Sinne nicht stören, wirken also auf die Durchlassung der sogenannten chemischen Strahlen.

Wir sind jetzt an dem Punkte angelangt, wo wir untersuchen müssen, wie das Sonnenlicht die Körper erwärmt. Als allgemeines Princip können wir annehmen, daß die Lichtstrahlen, wie sie von der Sonne kommen, einen Körper nur nach dem Verhältniß der Menge von Strahlen erhitzen, welche sich in seiner Substanz verlieren oder von ihr absorbirt werden. Sonach wird ein Körper, dessen äußere Oberfläche vollkommen polirt ist und den größten Theil der auffallenden Strahlen zurückwirft, sich kaum erwärmen; wie man dies auch beobachtet, wenn man den Spiegel eines Teleskops dem vollen Sonnenscheine aussetzt. Nehmen wir aber dem Spiegel allmälich seine Politur, so daß das Metall sich nicht mehr wie ein vollkommener Spiegel verhält, so wird sofort die Erwärmung steigen. Bedecken wir seine Oberfläche mit einer noch so dünnen Schicht einer zur Reflexion sehr wenig tauglichen und deshalb stark absorbirenden Substanz, wie z. B. mit Ruß, so wird unter den nämlichen Umständen die Erhitzung bedeutend werden.

Da nach diesen Erfahrungen die Körper sich nur durch die Strah-

len erwärmen, welche nicht reflectirt werden, und zwar ausschließlich nur durch diejenigen, welche absorbirt werden, so muß die eintretende Erhitzung eines der Sonne ausgesetzten Körpers von seinen reflectirenden Eigenschaften abhängen.

Die Körper, welche bei gleicher Politur ein starkes Reflexionsvermögen haben, wie die Metalle, werden weniger warm als die Mineralsubstanzen, deren Reflexionsvermögen gering ist.

Da die Menge des reflectirten Lichtes bei allen Körpern in der Natur mit der Verminderung der Neigung der einfallenden Strahlen gegen die Flächen dieser Körper bedeutend wächst, so muß offenbar diesem Umstande Rechnung getragen werden, wenn man im Voraus die relativen Erwärmungen bestimmen will, welche das Sonnenlicht in zwei gegebenen Fällen erzeugt.

Nachdem wir uns im Vorhergehenden mit dem Einflusse der Reflexion auf die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen beschäftigt haben, wollen wir jetzt zu dem Verhalten der durchgelassenen Strahlen übergehen.

Wenn man einem Bündel Sonnenstrahlen einen dünnen und sehr durchsichtigen Körper aussetzt, d. h. einen solchen, der die ihn durchdringenden Lichtstrahlen nur unmerklich schwächt, so wird dieser Körper sich in keiner wahrnehmbaren Weise erwärmen; wenn aber unter übrigens gleichen Umständen der durchsichtige Körper eine solche Dicke erhält, daß das austretende Licht eine geringere Intensität besitzt, als das einfallende, daß also ein merklicher Theil des letztern in der Substanz, woraus der Körper besteht, absorbirt worden ist, so wird letzterer sich erhitzen. Wir können daher annehmen, daß das Sonnenlicht bei seinem Durchgange durch eine durchsichtige Substanz dieselbe nur erwärmt nach Maaßgabe des Verlustes oder der Absorption, welche seine Strahlen darin erleiden. Dies ist der Grund, warum die Körper von unvollkommener Durchsichtigkeit und in noch stärkerem Grade die dieser Eigenschaft fast ganz beraubten sich beim Aussetzen an die Sonne außerordentlich erhitzen.

Achtes Kapitel.

Eigenschaften der Wärme, welche den aus irdischen Quellen stammenden Lichtstrahlen beigemengt ist. — Diathermane Substanzen.

Die den irdischen Lichtern beigemengte Wärme besitzt Eigenschaften, durch welche sie sich von der die Sonnenstrahlen begleitenden Wärme unterscheidet. Unter den gewöhnlichen Umständen wird die mit den Sonnenstrahlen zu uns gelangende Wärme von der Oberfläche der Körper reflectirt und in ihrem Innern absorbirt, gerade wie das eigentliche Licht. Dies gilt aber nicht mehr von der Wärme, welche dem Lichte unserer Feuer beigemengt ist.

Läßt man durch eine durchsichtige Glasplatte das Licht hindurchgehen, welches von dem Feuer unserer Herde ausgeht, mag es durch die Verbrennung des Holzes oder der Steinkohle entstehen, so erleidet es in seiner Helligkeit keine Schwächung, die von derjenigen verschieden ist, welche ein gleich intensives Bündel Sonnenstrahlen zeigen würde; dagegen sind die aus unsern irdischen Feuern stammenden leuchtenden Strahlen beim Austritte aus der Platte fast vollständig ihrer ursprünglichen Wärme beraubt; dieselbe ist gänzlich in der durchstrahlten Glasplatte zurückgehalten worden *).

Die dunkle Wärme, welche aus irdischen Quellen stammt, hat außer den berichteten noch einige sehr merkwürdige Eigenschaften, die seit wenigen Jahren entdeckt worden sind.

Ich will einige Thatsachen anführen, worüber der Leser erstaunen wird:

Alaun und Steinsalz sind gleich durchsichtig für das Licht.

Eine sehr dünne Alaunplatte hält alle Wärmestrahlen aus irdischen Quellen auf; Steinsalz läßt sie sämmtlich hindurch.

---

*) So sind die Erscheinungen im Allgemeinen. Ich muß indeß hinzufügen, aus neuern Beobachtungen Melloni's könnte man den Schluß ziehen, daß die dem Sonnenlichte beigemengte Wärme beim Durchdringen der untern Schichten der Atmosphäre nicht in demselben Verhältnisse wie die leuchtenden Strahlen geschwächt wird, oder wenigstens, daß die durchgelassene Wärme, wenn die Sonne eine gewisse Höhe hat, und diejenige, welche zu uns gelangt, wenn dieses Gestirn dem Horizonte nahe steht, nicht dieselben Eigenschaften besitzen.

Gewiſſe ſchwarze Gläſer, ſelbſt wenn ſie ſo dick ſind, daß man die Sonne durch ſie nicht ſehen kann, laſſen noch aus irdiſchen Quellen ſtammende Wärmeſtrahlen hindurch.

Hieraus folgt die Nothwendigkeit des Ausdrucks diatherman, den Melloni, der ſcharfſinnige Urheber dieſer Beobachtungen, mit Recht in die Wiſſenſchaft eingeführt hat. Mariotte hatte bereits gezeigt, daß die Wärme der irdiſchen Feuer durch Glasplatten aufgehalten wird. Es iſt ferner allgemein bekannt, daß die Gießer und Glasarbeiter ſich bei der Ausführung ihrer Arbeiten eines Glasſchirmes bedienen; das von Wärme begleitete Licht würde ihren Augen ſchaden; geht aber das Licht allein durch das Glas, während die Wärme in demſelben zurückgehalten wird, ſo können jene Arbeiter ohne Gefahr mit den durch Wärme aus irdiſchen Quellen erhitzten Subſtanzen umgehen; die Sonnenwärme würde ſich ganz anders verhalten. Man ſieht alſo, daß es nicht Lichtſtrahlen ſind, welche die Erwärmung hervorrufen, ſondern Wärmeſtrahlen, welche die leuchtenden Strahlen begleiten.

Ein aus irdiſcher Quelle ſtammendes Licht wird bei ſeinem Durchgange durch eine Glasplatte um ſo mehr ſeiner begleitenden Wärme beraubt, je niedriger die Temperatur der Quelle iſt, aus welcher es herkommt. Indeß gibt es einen Körper, der ſo zu ſagen die umgekehrten Eigenſchaften beſitzt. Eine auf ihrer Oberfläche angerußte Steinſalzplatte läßt einen um ſo geringern Theil der ſtrahlenden Wärme durch, je höher die Temperatur ihrer Quelle iſt.

Wenn ein irdiſcher Körper durch Sonnenlicht erhitzt iſt, ſo könnte man zu der Annahme verleitet werden, daß die von dieſem Körper ausgeſtrahlte Wärme die Eigenſchaften der urſprünglich den Sonnenſtrahlen beigemengten Wärme beibehalten habe. Dem iſt jedoch nicht ſo; dieſe Wärme wird durch durchſichtige Gläſer, auf welche ſie fällt, gänzlich abſorbirt; der Körper ſtrahlt alſo eine Wärme aus, welche von der durch ihn abſorbirten verſchieden iſt.

Neuntes Kapitel.

Wärmecapacität des Waſſers. — Specifiſche Wärme, freie und latente Wärme des Eiſes, des flüſſigen Waſſers und des Waſſerdampfes. — Kälte, welche ſtets die Verdampfung begleitet.

Bei der Erklärung der Jahreszeiten werden wir die Vorgänge, welche die Erwärmung des Waſſers, ſeinen Uebergang aus dem feſten Zuſtande in den flüſſigen, ferner ſeine Verwandlung in Dampf und umgekehrt die Rückkehr des Dampfes in Form von Regen begleiten, zu beachten haben. Wir wollen daher unterſuchen, in welcher Beziehung dieſelben zur Wärme ſtehen.

Die Wärme, welche erfordert wird, um die Temperatur eines Körpers um 1°, 10°, 20° u. ſ. w. zu erhöhen, iſt mit der Natur des Körpers veränderlich. Unter übrigens gleichen Umſtänden iſt von allen bekannten Körpern Waſſer derjenige, welcher zu einer Temperaturerhöhung um eine beſtimmte Anzahl Grade der größten Wärmemenge bedarf. Das Waſſer beſitzt, um den in der Phyſik gebräuchlichen Ausdruck anzuwenden, die größte Capacität für die Wärme. Ein ſehr einfacher Verſuch wird dieſe Wahrheit in ihr volles Licht ſtellen.

Wirft man in ein Kilogramm Waſſer von 0° ein Kilogramm Eiſenfeile von 11°, ſo zeigt die Miſchung eine Temperatur von 1°. Die 10 Grade, welche das Kilogramm Eiſen unter dieſen Umſtänden verloren hat, haben die Temperatur des Kilogramms Waſſer nur um 1° erhöht; die Wärmecapacität des Waſſers iſt alſo 10 Mal größer als die des Eiſens.

Die ſpecifiſche Wärme eines feſten oder flüſſigen Körpers iſt ſeine Capacität bezogen auf die des Waſſers als Einheit[2]). Es folgen hier einige aus neuern Verſuchen hergeleitete Reſultate; ich entlehne ſie den Arbeiten meiner Collegen Depretz und Regnault.

	Specifiſche Wärme.
Waſſer	1,000
Salpeterlöſung (8 Th. Waſſer, 1 Th. Salpeter) .	0,819
Salpeterſäure	0,661
Gewöhnlicher Alkohol	0,659

	Specifische Wärme.
Schwefelsäure	0,335
Olivenöl	0,310
Kohle	0,241
Gebrannter Kalk	0,217
Kreide und Marmor	0,215
Schwefel	0,202
Crownglas	0,193
Eisen	0,113
Kupfer	0,095
Silber	0,057
Zinn	0,036
Queckſilber	0,033
Gold	0,032
Blei	0,031

Das Waſſer, welches drei Viertheile unſerer Erdkugel bedeckt, verwandelt ſich unaufhörlich in unſichtbaren Dampf, in ſichtbaren Dunſt oder Wolken; dann wird es wieder flüſſig in Form von Regen. Das Waſſer gefriert in gewiſſen Jahreszeiten und nimmt ſeine urſprüngliche Flüſſigkeit wieder an, ſobald die Atmoſphäre hinreichend erwärmt iſt. Welche Wärmevorgänge treten bei dieſen Zuſtandsveränderungen ein?

Wenn ein Kilogramm Waſſer von 0° mit einem Kilogramm Waſſer von 79° gemiſcht wird, ſo erhält man zwei Kilogramme Waſſer von $39^1/_2{}^\circ$, d. h. von der mittleren Temperatur der beiden zuſammengegoſſenen Flüſſigkeiten; das heiße Waſſer hat $39^1/_2{}^\circ$ von ſeiner urſprünglichen Temperatur behalten und die übrigen $39^1/_2{}^\circ$ an das kalte Waſſer abgegeben. Dies iſt einfach und konnte vorausgeſehen werden.

Wiederholen wir nun aber den Verſuch mit der einzigen Abänderung, daß ein Kilogramm Eis von 0° an die Stelle des Kilogramms Waſſer von 0° geſetzt wird. Aus der Miſchung dieſes Kilogramms Eiſes mit dem Kilogramm Waſſer von 79° werden auch zwei Kilogramme flüſſiges Waſſer erhalten; aber dies Mal iſt die Temperatur, anſtatt $39^1/_2{}^\circ$ zu werden, auf 0° geblieben. Die 79 Grad des Waſſers ſind verbraucht worden, um die Molecüle des Eiſes flüſſig zu machen, indem ſie ſich mit ihnen verbinden, ohne ihre Temperatur zu erhöhen.

Waſſer von 0° und Eis von 0° unterſcheiden ſich alſo in ihrer innern Zuſammenſetzung. Das flüſſige Waſſer enthält 79 Wärmeeinheiten mehr als das feſte, aber von einer gebundenen, für das Thermometer nicht wahrnehmbaren Wärme, die man aus letzterm Grunde latente Wärme genannt hat.

Die Vergleichung des ſiedenden Waſſers mit dem ſich daraus entwickelnden Dampfe, deſſen Temperatur ebenſo wie die des Waſſers 100° iſt, führt zu ähnlichen, aber noch auffallenderen Reſultaten.

Der Waſſerdampf verdichtet ſich wieder zu flüſſigem Waſſer, wenn er durch Waſſer geleitet wird, deſſen Temperatur unter 100° iſt. Dies vorausgeſchickt, nehmen wir 5,35 Kilogramme Waſſer von 0°, laſſen Dampf von 100° hindurchgehen, und beendigen den Verſuch, ſobald das urſprüngliche und das condenſirte Waſſer ein Geſammtgewicht von 6,35 Kilogrammen beſitzen; das Thermometer wird dann zeigen, daß dieſe 6,35 Kilogramme eine Temperatur von 100° haben.

Von dieſen 6,35 Kilogrammen hatte 1 Kilogramm urſprünglich ſchon die Temperatur von 100°, aber im Dampfzuſtande; die übrigen 5,35 Kilogramme zeigten anfangs nur 0°; ihre Temperatur konnte nur ſteigen und 100° erreichen auf Koſten der Wärme, welche der Dampf beim Uebergange aus dem gasförmigen Zuſtande in den flüſſigen abgegeben hat. Zur Bildung eines Kilogrammes Dampf von 100° aus Waſſer von 100° wird alſo eine Menge gebundener oder latenter Wärme erfordert, welche hinreicht um die 5,35fache Waſſermaſſe von 0° bis 100° zu erhitzen; oder anders ausgedrückt, die latente Wärme eines Kilogrammes Waſſerdampf würde ein gleiches Gewicht Waſſer von 0° bis 535° erhitzen, wenn dies Waſſer bei dieſem Erhitzen am Verdampfen verhindert würde.

Wenn auch der angeführte Zahlenwerth außerordentlich groß erſcheint, ſo ſteht er doch unzweifelhaft feſt; der Dampf exiſtirt nur unter den zuvor angegebenen Bedingungen. Jedes Mal, wo das Waſſer ſich in Dampf verwandelt, entnimmt es den umgebenden Körpern eine Wärmemenge, welche hinreichen würde, ſeine Temperatur von 0° auf 535° zu bringen. Beträgt dieſelbe 10°, 20°, 30° u. ſ. w., ſo abſorbirt es beim Verdampfen 525, 515, 505 u. ſ. w. Grade[8]).

Dieſe große latente Wärmemenge gibt der Dampf den Ober-

flächen, an welchen seine Verdichtung erfolgt, wieder ab; hierin liegt, um es beiläufig zu sagen, das Geheimniß der Dampfheizung. Man macht sich von diesem industriellen Verfahren eine ganz falsche Vorstellung, wenn man glaubt, daß der Wasserdampf in den Röhren, durch welche er sich bewegt, blos seine freie, mit dem Thermometer meßbare Wärme fortführt; seine Hauptwirkungen verdankt er seiner Constitutionswärme, seiner gebundenen oder latenten Wärme, die in dem Augenblicke wieder frei wird, wo die Berührung von relativ kalten Oberflächen den Dampf aus seiner Gasform in den flüssigen Zustand zurückführt.

Um die abkühlende Wirkung des Verdampfens recht schlagend darzulegen, will ich ein interessantes Experiment von Bussy mittheilen, wo diese Wirkung aufs Extrem getrieben ist.

Man umgebe die Kugel eines Weingeistthermometers mit Baumwolle, tauche sie in flüssige schweflige Säure, und lasse dann diese Flüssigkeit an der Luft freiwillig verdampfen: es entsteht sogleich eine Kälte von — 57°. In dem leeren Raume unter dem Recipienten einer Luftpumpe erfolgt die Verdampfung noch schneller und das Thermometer sinkt bis — 68°.

Durch dies Verfahren läßt sich überall und in jeder Jahreszeit der sonst so schwierige Versuch, Quecksilber zum Gefrieren zu bringen, leicht ausführen.

Zehntes Kapitel.

Erwärmung der Luft.

Die Temperatur eines Ortes wird gewöhnlich mittelst eines in der Luft in geringer Höhe über dem Boden aufgehangenen Thermometers bestimmt. Wir müssen deshalb untersuchen, wie sich die Temperaturen der festen oder flüssigen Körper, aus denen unsere Erdrinde besteht, der Atmosphäre mittheilen.

Der mit einem warmen Körper in Berührung befindliche Theil der Atmosphäre erhöht seine Temperatur, während der auf einem kalten Körper ruhende sie erniedrigt. Der erstere dehnt sich beim Erwär-

men aus und ſteigt aufwärts; dies iſt die Urſache des ſogenannten courant ascendant (aufſteigenden Luftſtromes).

Was geht nun aber in einer durch ihre Berührung mit dem Boden ſtark erhitzten Luftmaſſe während ihrer aufſteigenden Bewegung, oder anders ausgedrückt, während ihrer Ausdehnung vor? Kaum hat ſie ſich einige Zolle über dem Boden erhoben, ſo zeigt ſie ſchon nicht mehr die Temperatur, welche ſie beſaß, ſo lange ſie mit ihm in Berührung war.

Wenn die Luft ſich ausdehnt, ſo muß ſie, um in ihrem neuen Zuſtande beſtehen zu können, den umgebenden Körpern oder ihrer eigenen anfänglichen für das Thermometer wahrnehmbaren freien Wärme eine beträchtliche Wärmemenge entnehmen, die latent wird. Dieſes Factum läßt ſich mittelſt eines ſehr einfachen Verſuchs nachweiſen: man hängt ein Thermometer in die Mitte einer großen mit Luft gefüllten Glasglocke und ſtellt dieſelbe auf den Teller einer Luftpumpe. Sowie die Maſchine die Luft zu verdünnen beginnt, erzeugt jeder Kolbenzug ein Sinken in dem Stande des Thermometers. Das Phänomen iſt beſonders auffallend bei Anwendung eines der von Breguet aus Metallſpiralen conſtruirten Thermometer, die ſo zu ſagen ganz aus Oberfläche beſtehen. Anſtatt eines Sinkens der Temperatur beobachtet man natürlich ein Steigen derſelben, wenn die Luft in den Recipienten der Luftpumpe plötzlich wieder eintritt.

Das Sinken der Temperatur durch Ausdehnung der Luft und das Steigen derſelben durch Verdichtung iſt ſehr beträchtlich. Wir müſſen darauf zurückkommen, wenn wir uns mit der außerordentlich ſtarken Temperaturabnahme beſchäftigen werden, die man in der Atmoſphäre beim Aufſteigen im Luftballon in immer höhern und höhern Schichten beobachtet hat.

Die Phyſiker haben unter einander lange über die Frage geſtritten, ob die Sonnenſtrahlen beim Durchgange durch eine reine Atmoſphäre deren Temperatur in merklicher Weiſe erhöhen. Diejenigen, welche eine ſolche Wirkung ableugnen, ſtützen ſich auf die Thatſache, daß auf offenem Meere an weit von dem Feſtlande entfernten Punkten die Temperatur der Atmoſphäre niemals größer, oder noch mehr, niemals gleich der Temperatur der Meeresoberfläche iſt. Indeß ſind

dieſe Verſuche nur auf dem Verdecke der Schiffe angeſtellt worden; und die Schnelligkeit, mit welcher die Luft beim Entfernen ſelbſt nur um einige Zolle von dem erhitzten Körper, erkaltet, iſt der Art, daß die genannte Erfahrung nur dann in aller Strenge zu dem daraus gezogenen Schluſſe führen kann, wenn der Verſuch mit einem Thermometer wiederholt worden iſt, deſſen Kugel faſt die Oberfläche des Meeres berührt.

Uebrigens iſt zu bemerken, daß die Temperatur der mit dem Waſſer in Berührung ſtehenden Luft die Temperatur der Flüſſigkeit nur nach Verhältniß der Abſorption übertreffen könnte, die das Sonnenlicht in einer dünnen atmoſphäriſchen Schicht erlitten hätte, welche Abſorption offenbar unmerklich iſt.

Elftes Kapitel.

Mittlere Temperaturen.

In den ſpätern Erörterungen wird oft von mittleren Temperaturen die Rede ſein; ich muß daher genau angeben, was wir unter dieſem Ausdrucke zu verſtehen haben.

Die mittlere Temperatur eines beliebigen Tages im Jahre iſt das Mittel der in allen Zelttheilchen, aus welchen er beſteht, beobachteten Temperaturen. Nähme man als Dauer eines ſolchen Zeittheilchens eine Secunde, ſo hätte man ſo viel Thermometerbeobachtungen als im Tage Secunden enthalten ſind, alſo 86400 zu addiren und die Summe mit 86400 zu dividiren. Wählte man anſtatt der Secunden die Minuten, deren 1440 auf den Tag gehen, ſo hätte man die Summe von 1440 in einem Tage gemachten Temperaturbeobachtungen mit 1440 zu dividiren; der Quotient würde die mittlere Temperatur dieſes Tages geben. Für gewöhnlich beſtimmt man die mittlere Temperatur eines Tages mit hinreichender Genauigkeit aus Beobachtungen, die in viel längeren Zwiſchenzeiten als Secunden und ſelbſt Minuten wiederholt werden: von Stunde zu Stunde gemachte Beobachtungen führen ſchon zu dem gewünſchten Ziele; und die mittlere Tem-

peratur wird in diesem Falle gefunden, wenn man die Summe der 24 stündlichen Beobachtungen eines Tages durch 24 dividirt.

Man hat untersucht, ob die Aufeinanderfolge der Temperaturen während der 24 Stunden eines Tages nicht im Allgemeinen in jeder Jahreszeit nach einem regelmäßigen Gesetze eintrete, dem zufolge es möglich wäre, die mittlere Temperatur eines Tages durch weniger lästige Beobachtungen, als die zuvor besprochenen, zu erhalten. Als Resultat dieser Untersuchung hat sich ergeben, daß man ohne zu großen Fehler die halbe Summe des Maximums und des Minimums der Temperatur eines Tages als mittlere Temperatur des letztern betrachten darf. Diese Temperaturextreme treten in jeder Jahreszeit zu bestimmten Zeiten des Tages ein: das Minimum einige Augenblicke nach dem Aufgange der Sonne, und das Maximum gegen zwei Uhr Nachmittags. Bei dieser Berechnung der mittleren Temperatur hat man also nur die Summe von zwei Thermometerständen mit 2 zu dividiren. Jene beiden Elemente werden übrigens durch zwei eigenthümlich eingerichtete Thermometer angegeben, die man nur ein Mal innerhalb jeder 24 Stunden abzulesen braucht; das eine derselben zeigt das innerhalb dieser Zeit während der Abwesenheit des Beobachters eingetretene Minimum an, während das zweite das entsprechende Maximum liefert.

Die Meteorologen haben noch andere Wege eingeschlagen, um die mittlere Temperatur jedes Tages im Jahre zu bestimmen; so kann man das Mittel aus drei Beobachtungen nehmen, deren eine beim Aufgange der Sonne, die zweite um zwei Uhr Nachmittags und die dritte beim Untergange der Sonne gemacht ist. Es würde überflüssig sein, hier in noch weitere Details über diesen Gegenstand einzugehen.

Kaum halte ich den Zusatz für nöthig, daß man nach der Bestimmung der mittleren Temperatur eines jeden Tages im Jahre die mittlere Temperatur dieses Jahres erhält, wenn man die erstern 365 Bestimmungen addirt und die Summe durch die Zahl der Tage, also 365, dividirt.

Für Paris läßt sich, wie sich ergeben hat, die mittlere Temperatur eines Jahres finden, wenn man blos die mittlere Temperatur des Monats October nimmt, oder auch, wenn man das Mittel aus allen täglich zwischen 8 und 9 Uhr Morgens beobachteten Temperaturen zieht.

Will man die mittlere Temperatur eines Ortes frei von den Einwirkungen zufälliger Umstände, welche sie bald erhöhen, bald erniedrigen, erhalten, so nimmt man z. B. 10 mittlere Jahrestemperaturen zusammen, und dividirt ihre Summe durch 10. Durch solches Zusammenfassen mehrerer Jahreswerthe ergibt sich die mittlere Temperatur eines gegebenen Ortes bis auf Bruchtheile eines Grades.

Die mittlere Temperatur eines Ortes ist auch die constante Temperatur, welche in einer mehr oder weniger tiefen Erdschicht angetroffen wird. In den Kellern der pariser Sternwarte seit drei Viertel Jahrhunderten angestellte Thermometerbeobachtungen haben gezeigt, daß man in einer Tiefe von 25 bis 26 Meter eine Schicht antrifft, die fast unverändert die mittlere Temperatur der Luft an der Oberfläche besitzt. Die aus geringen Tiefen hervorbrechenden Quellen geben ebenfalls die mittlere Temperatur der Gegend. Unter dem Aequator findet man nach Bouſſingault unmittelbar die mittlere Temperatur eines Ortes, wenn man ein Thermometer in ein 1 Fuß tief in einen überdeckten und nicht feuchten Boden gegrabenes Loch steckt.

Das Vorhandensein von Schichten mit unveränderlicher Temperatur beweist augenscheinlich, daß der Zustand des Innern unserer Erde, ihre Eigenwärme, auf die bedeutenden Schwankungen der äußeren Temperatur eines Ortes ohne allen Einfluß ist; die Erklärung der Jahreszeiten werden wir also in den Phänomenen der strahlenden Wärme suchen müssen.

Zwölftes Kapitel.

Erklärung der Jahreszeiten.

Wir wollen zunächst die Reihe von materiellen Gegenständen betrachten, aus denen der Horizont von Paris besteht. Alles, was ich in Bezug auf diesen sagen werde, läßt sich auf jeden andern ähnlich gelegenen, ja selbst auf jeden beliebigen Horizont anwenden, wenn derselbe sich nur nördlich vom Aequator befindet.

Sämmtliche Gegenstände, die einen gegebenen Horizont bilden, erwärmen sich im Laufe des Tages und erkalten während der Nacht.

Dieſe Thatſache ſteht unbeſtritten feſt; aber in welcher Weiſe, nach welchen Geſetzen erfolgt die Erwärmung und Erkaltung des Bodens und der Atmoſphäre? Hier beginnt in der That die Rolle des Aſtronomen und Phyſikers. Durch gründliche Unterſuchung dieſer Fragen ergibt ſich die Erklärung der Verſchiedenheit der Temperaturen auf der Erdoberfläche während der zwölf Monate des Jahres an verſchieden gelegenen Orten, an den Oſtküſten der Continente verglichen mit deren Weſtküſten, auf Hochebenen oder in Gegenden, die im Niveau des Meeres liegen u. ſ. w.

Wir wollen von den Verſuchen ausgehen, welche der Phyſiker in ſeinem Cabinet anſtellt und die ihm zum Nachweiſe dienen, daß jedweder Körper ſelbſt durch den vollkommen leeren Raum hin mit allen ſowohl heißern als kältern Körpern, welche die ihn einſchließende materielle Hülle bilden, durch Wärmeſtrahlung ſich in Beziehung ſetzt, und fragen, was geſchieht, wenn der Himmelsraum einen Theil der Hülle bildet, in welcher man operirt.

Die Temperatur unſerer Atmoſphäre nimmt mit der Höhe ſchnell ab, was anzuzeigen ſcheint, daß der Raum, in welchem die Erde ſchwebt, ſehr kalt iſt. Wenn die Atmoſphäre und der Raum ſich wie gewöhnliche kalte Subſtanzen verhalten, ſo werden die Körper auf der Erdoberfläche, welche eine hohe oder auch nur mäßige Temperatur und ein Ausſtrahlungsvermögen für die Wärme beſitzen, beſtändig in die Atmoſphäre und in den Raum, worin die Erde ſich bewegt, eine Quantität Wärme ſenden, die mit ihrer Natur und Temperatur veränderlich iſt. Wird dieſer Verluſt an Wärme auf irgend eine Weiſe wieder erſetzt? Aendert ſich dieſer Erſatz in quantitativer Beziehung zu den verſchiedenen Zeiten des Jahres? Dies iſt das Problem, das wir zu löſen ſuchen müſſen.

Die Sonnenwärme iſt die hauptſächlichſte, ja wir können faſt ſagen, die einzige Urſache des Phänomens der Jahreszeiten; nur erſcheint dieſe Urſache in ihren Wirkungen je nach der beſondern Beſchaffenheit der feſten oder flüſſigen Subſtanzen an der Erdoberfläche, welche ſie trifft und von denen ſie zum Theil abſorbirt wird, merklich modificirt.

Selbſt wenn die Sonne in einer gewiſſen Zeit dieſelbe Wärmemenge auf zwei gegebene, gleich ſtark abſorbirende, aber aus verſchie-

denen Stoffen beſtehende Körper ſendete, ſo würden gleiche Abſorptionen doch nicht die Temperaturen beider Körper in gleicher Weiſe erhöhen. Man braucht ſich nur an die zahlreichen verſchiedenen Terrainbeſchaffenheiten zu erinnern, welche die Geologen bezeichnet haben. Nach dem Frühern (S. 441) beſitzen aber verſchiedene Subſtanzen ſehr verſchiedene ſpecifiſche Wärmen, und erhöhen folglich ihre Temperatur durch gleiche abſorbirte Wärmemengen in ſehr verſchiedenem Grade.

Läßt die Subſtanz der Erde die Wärme durch, pflanzt ſie dieſelbe leicht fort, ſo verbreitet ſich die von der Sonne ſtammende abſorbirte Wärme in kurzer Zeit in einer großen Dicke; die Oberfläche wird niemals ſehr heiß.

Beſitzt dagegen die Subſtanz der Erde umgekehrte Eigenſchaften, ſo concentrirt ſich die ganze abſorbirte Wärme gewiſſermaßen an der Oberfläche und erhöht deren Temperatur beträchtlich.

Sonach können für ähnlich auf der Oberfläche unſeres Planeten gelegene Orte die Erwärmungs- und Erkaltungsphänomene ſehr verſchieden ſein. Alle Umſtände, welche auf die mittlere Temperatur eines Ortes Einfluß haben, zuſammengenommen, bilden das Klima deſſelben.

Bei den Erörterungen über Klimate iſt es alſo unumgänglich nöthig, gar ſehr auf die Leitungsfähigkeit der Subſtanzen, welche die Sonnenſtrahlen treffen, Rückſicht zu nehmen; man muß vorzüglich in dieſer Beziehung die abweichenden Eigenſchaften der feſten und flüſſigen Körper erwägen, und nicht vergeſſen, daß die feſte Oberfläche der Erde ſich zu der vom Meere bedeckten, wie 1 zu 2,7, alſo faſt wie 1 : 3 verhält.

Das Waſſer beſitzt (S. 427) nur eine ſehr geringe Leitungsfähigkeit für die Wärme. Da außerdem nur die abſorbirten Strahlen eine Temperaturerhöhung bewirken, da die terreſtriſchen Körper ſich nur an ihrer Oberfläche erhitzen, ſo kann das Meer, weil die von einer Waſſeroberfläche aufgenommene Wärme zur Verdunſtung verbraucht wird, ſich nur wenig erhitzen. Niemals findet man in weiten Entfernungen vom Feſtlande mehr als 30°; während dagegen an manchen Orten die Temperatur des feſten Bodens bis 70° ſteigt. Niemals beſitzt die Luft

eine höhere Temperatur als die des Meeres; ſie erwärmt ſich alſo nur durch Berührung. Die Erdarten haben ein großes Strahlungsvermögen, während das Meer, wie wir weiterhin ſehen werden (S. 460), nur wenig erkaltet.

Nach dieſen Principien iſt es leicht, das Phänomen der Jahreszeiten zu erklären, und die Aenderungen zu veranſchlagen, welche eintreten können, wenn man von dem pariſer Horizonte zu einem verſchieden davon gebildeten, aber auf einem und demſelben Parallelkreiſe gelegenen übergeht.

Vom 21. März, dem Zeitpunkte der Frühlingsnachtgleiche, bis zum 23. September, dem Zeitpunkte der Herbſtnachtgleiche, übertrifft in unſern Gegenden der Tag die Nacht an Dauer; die Sonne befindet ſich länger als 12 Stunden über dem Horizonte von Paris.

Während die Sonnenſtrahlen auf die feſten oder flüſſigen Körper unſeres Horizontes fallen, erhitzen ſie dieſelben. So wird am 21. März derſelbe in ſeiner ganzen Ausdehnung während zwölf auf einanderfolgender Stunden erhitzt; aber gleichzeitig erkaltet er auch durch Strahlung gegen den Raum während eben dieſer zwölf Stunden des Tages, und außerdem noch während der zwölf Stunden der darauf folgenden Nacht, alſo im Ganzen während 24 Stunden. Ohne Weiteres läßt ſich nun nicht beſtimmen, ob der Verluſt den Gewinn übertrifft; denn dies wird von der Intenſität der Strahlung gegen den planetariſchen Raum und von der erwärmenden Kraft der Sonnenſtrahlen, die beide nicht in Zahlenwerthen bekannt ſind, abhängen. Doch unterſuchen wir, was am 22. März geſchieht.

An dieſem Tage erhitzen die Sonnenſtrahlen den Horizont etwas länger als 12 Stunden; dagegen erfolgt die Erkaltung durch Strahlung wie Tags zuvor während 24 Stunden. Daß nun aber die erwärmende Einwirkung, obwohl ſie nur ungefähr 12 Stunden dauert, doch um dieſe Zeit des Jahres die erkältende übertrifft, daß der Horizont mehr Wärme gewonnen als verloren hat, geht unbeſtreitbar aus dem Factum hervor, daß die Temperatur des 22. März im Allgemeinen die des 21. übertrifft.

Zu demſelben Reſultate gelangen wir durch Vergleichung der Temperatur des 23. mit der des 22. u. ſ. f.

Die Wärmestrahlen der Sonne erzeugen immer beträchtlichere Effecte bis zum 21. Juni, weil ihre Einwirkung während allmälich immer längerer Zeiträume stattfindet, indem die Tage bis zum Sommersolstitium zunehmen. Indeß hängen diese Vorgänge nicht ganz allein von dieser Ursache ab, wenn schon sie die vorwiegende ist.

Betrachten wir die Neigung, unter welcher im Allgemeinen die Sonnenstrahlen auf die Gegenstände, welche den pariser Horizont bilden, z. B. zur Mittagszeit fallen. Diese Neigung, gerechnet gegen die Oberfläche, wächst bis zum 21. Juni; folglich werden die absorbirten Strahlen, die allein zur Erwärmung der terrestrischen Objecte beitragen (S. 438), jeden Tag mit der Annäherung an das Sommersolstitium zunehmen.

Noch eine dritte gleichfalls einflußreiche Erwärmungsursache muß hier erwähnt werden. Die Sonne kann als der Mittelpunkt einer Kugel betrachtet werden, von welchem nach allen möglichen Richtungen Strahlen ausgehen. Wenn man nun der Wirkung dieser divergirenden Strahlen in einem gewissen Abstande einen Horizont von bestimmter Ausdehnung aussetzt, so wird derselbe um so mehr Strahlen empfangen, je mehr sich seine Richtung der auf die Strahlen senkrechten nähert; offenbar aber muß sich irgend ein Horizont in unseren Gegenden an jedem Mittage vom 21. März bis 21. Juni den Sonnenstrahlen in immer mehr der senkrechten sich nähernden Richtungen entgegenstellen.

Endlich füge ich noch hinzu, daß die Sonnenstrahlen zu dem festen Theile unserer Erde nur erst gelangen können, nachdem sie die gasförmige Atmosphäre durchdrungen haben; letztere aber hält bekanntlich eine um so beträchtlichere Menge jener Strahlen auf, je größer ihre Dicke ist, und je schiefer sie durchdrungen wird.

Aus dem Bisherigen folgt sonach, daß der Horizont von Paris vom 21. März bis zum 12. Juni täglich mehr Sonnenstrahlen empfängt; daß die Strahlen in immer größerer Intensität daselbst anlangen, unter Winkeln, welche wenigstens um Mittag für die Absorption immer günstiger werden; und daß endlich die Dauer ihrer Einwirkung

von Tag zu Tag zunimmt. Alle dieſe Urſachen müſſen in dem angegebenen Zeitraume eine Erwärmung des Horizontes hervorrufen.

Bemerken wir übrigens, daß das Strahlungsvermögen eines Horizontes, ich möchte faſt ſagen ſein Erkaltungsvermögen, in dem Maaße wächſt, als ſeine Temperatur ſteigt. Die Beobachtung allein kann alſo darthun, wann die beiden entgegengeſetzten Wirkungen ſich compenſiren, und ſomit die Zunahme in der Temperatur des Horizontes aufhören muß.

Aus der Discuſſion einer langen Reihe meteorologiſcher Beobachtungen hat ſich ergeben, daß für Paris der Zeitpunkt jener Compenſation, wo alſo die Temperatur ihr Maximum erreicht, nicht auf den 21. Juni, den Tag des Sommerſolſtitiums, fällt, ſondern um den 15. Juli eintritt.

Es iſt jetzt ferner leicht einzuſehen, daß von jener Zeit an bis zum 21. December die Tage für einen nördlich vom Aequator gelegenen Ort immer kürzer werden; daß die Wirkung der Sonne fortwährend abnimmt; daß die Strahlen derſelben bis zu ihrer Ankunft auf dem pariſer Horizonte immer mehr geſchwächt werden, weil die von ihnen durchdrungenen atmoſphäriſchen Schichten immer dicker und weniger durchſichtig werden; daß um Mittag oder nicht lange vor und nach demſelben die Neigungen der Strahlen gegen den genannten oder jeden andern in der nördlichen Hemiſphäre gelegenen Horizont (von der Oberfläche deſſelben aus gemeſſen) beſtändig abnehmen, (was das auffallende Licht zur Abſorption weniger geeignet macht); daß der Horizont eine im ſteten Abnehmen begriffene Menge Sonnenſtrahlen empfängt. Aus allen genannten Urſachen folgt, daß die Temperatur des pariſer oder jedes andern in der nördlichen Hemiſphäre gelegenen Horizontes im fortwährenden Sinken begriffen ſein muß; dagegen verſteht es ſich nicht von ſelbſt, daß zwiſchen der Strahlung gegen den leeren Raum und den im ſteten Abnehmen begriffenen Erwärmungsurſachen genau am 21. December, dem Tage des Winterſolſtitiums, eine Compenſation eintreten wird.

In der That zeigt auch die Beobachtung, daß zu Paris eine vollſtändige Compenſation erſt um den 14. Januar ſtattfindet; d. h. daß abgeſehen von zufälligen Störungen an jenem Tage die größte Kälte

im Jahre beobachtet wird. Von dieſem Tage bis zum darauffolgenden 15. Juli nimmt die Temperatur beſtändig zu, wie wir es zuvor, als wir den 21. März als Ausgangspunkt wählten, bereits erläutert haben.

Ganz dieſelbe Reihe von Schlüſſen würde ſich auf den Horizont eines Ortes anwenden laſſen, der ebenſo in der ſüdlichen Hemiſphäre liegt, wie Paris in der nördlichen; nur würden wir finden, (was auch mit den Beobachtungen vollkommen übereinſtimmt), daß die heißeſten Monate der nördlichen Hemiſphäre in der ſüdlichen die kälteſten ſind, und umgekehrt.

Den Zeitraum eines ganzen Umlaufs der Sonne oder die Dauer eines Jahres hat man zu allen Zeiten in vier verſchiedene Perioden eingetheilt. Die zwiſchen dem 21. März und 21. Juni liegende heißt Frühling, während der Sommer vom 21. Juni bis zum 23. September reicht. Auf letztern folgt der Herbſt vom 23. September bis zum 21. December, woran ſich dann vom 21. December bis 21. März der Winter anſchließt.

Aus dem Vorhergehenden erſehen wir, daß der Frühling der nördlichen Hemiſphäre dem Herbſte der entgegengeſetzten entſpricht, und daß, wenn wir dieſſeits des Aequators die Wärme des Sommers empfinden, in ſüdlichen Breiten die Kälte des Winters herrſcht.

Die verſchiedenen Urſachen, welche die Wärmewirkung der Sonne ändern, ſind im Laufe eines ganzen Jahres in den nahe am Aequator, nördlich und ſüdlich von ihm, gelegenen Regionen, die man die Tropengegenden oder die heiße Zone nennt, ſehr wenig veränderlich. Der Tag hat nämlich daſelbſt das ganze Jahr hindurch faſt dieſelbe Dauer, und die Mittagshöhen der Sonne ſind dort wenig veränderlich, weshalb die vier Jahreszeiten rückſichtlich der Temperatur auch nur wenig von einander abweichen können. Aus grade entgegengeſetztem Grunde aber müſſen die Jahreszeiten ſowohl nördlich als ſüdlich vom Aequator in den Gegenden, wo die Tage im Jahre ſehr ungleiche Dauer haben, oder was faſt auf daſſelbe hinauskommt, wo die Mittagshöhen ſich im Laufe des Jahres beträchtlich ändern, ſehr von einander verſchieden ſein. Dieſe theoretiſch abgeleiteten Reſultate werden durch die Beobachtungen vollſtändig beſtätigt.

Als nicht minder einleuchtende Folgerung ergibt ſich, daß in den letztern Gegenden im Jahre eine einzige Periode wachſender Temperaturen exiſtiren muß, auf welche auch nur eine einzige entgegengeſetzte Periode oder eine Periode abnehmender Temperaturen folgt.

Sehen wir nun, ob die Temperaturen in Paris mit den Reſultaten unſerer theoretiſchen Erörterungen übereinſtimmen.

Die auf der pariſer Sternwarte von 1806 bis einſchließlich 1851, alſo während eines Zeitraumes von 46 Jahren gemachten Beobachtungen geben für die mittleren Werthe der höchſten, niedrigſten und mittleren Temperaturen folgende Zahlen:

	Mittlere Werthe der Temperatur.		
	Maxima.	Minima.	Mittlere.
Januar	5°02	— 0°87	2°07
Februar	7, 31	0, 67	3, 99
März	10, 01	3, 15	6, 58
April	13, 12	6, 51	9, 81
Mai	18, 38	10, 67	14, 52
Juni	21, 12	13, 56	17, 34
Juli	22, 67	15, 41	19, 04
Auguſt	22, 42	14, 57	18, 49
September	18, 85	12, 08	15, 46
October	14, 64	7, 30	10, 97
November	9, 67	3, 91	6, 79
December	6, 85	0, 33	3, 59
Jahrestemperaturen	14, 17	7, 27	10, 72

Man ſieht, daß, mag man die Mittelwerthe der Maxima oder Minima oder endlich auch nur die mittleren Temperaturen nehmen, die Wärme vom Januar bis Juli im ſteten Steigen, vom letzteren Monate dagegen bis zum December im beſtändigen Sinken begriffen iſt. Der heißeſte Monat iſt gerade der Juli, der auf das Sommerſolſtitium folgt, und der kälteſte der Januar, dem das Winterſolſtitium unmittelbar vorhergeht. Der mittlere Werth der monatlichen Minima ſinkt nur ein Mal, im Januar, unter Null; die kälteſten Monate ſind December, Januar und Februar, und bilden daher den wahren klimatologiſchen Winter; das entſprechende Frühjahr umfaßt die Monate

März, April, Mai, während der Sommer auf die drei heißesten Monate Juni, Juli und August fällt, und die noch übrigen Monate September, October, und November den eigentlichen Herbst ausmachen.

Dreizehntes Kapitel.

Ueber die periodischen Temperaturerniedrigungen im Februar und Mai.

Ich habe ausgesprochen, daß sich, wenn man die mittlere Temperatur jedes Tages im Jahre zu Paris aufsuchte, ein Steigen derselben vom 14. Januar bis zum 15. Juli und von hier an ein beständiges Sinken bis zum 14. Januar des folgenden Jahres zeigen würde; indeß finden sich in diesem allgemeinen Vorgange einige Unterbrechungen. So hat man bemerkt, daß die mittlere Temperatur eines jeden Tages im Februar und Mai nicht immer größer ist als die des vorhergehenden und nicht immer geringer als die des nachfolgenden; und bereits im 26. Buche (S. 261) habe ich auch erwähnt, daß einige Astronomen, besonders Erman und Petit, diese Temperaturerniedrigungen Asteroidenschwärmen zuschreiben, welche sich bisweilen zwischen Sonne und Erde stellen sollen.

Daß die Erde um die Zeit des 13. Novembers einem Asteroidenschwarme begegnet, ist früher (S. 250) erwähnt worden. Bilden nun diese Asteroiden einen ebenen zusammenhängenden Ring, so werden wir denselben in dem entgegengesetzten Punkte der Erdbahn, in den Tagen vom 10. bis 13. Mai antreffen können.

Es sind hier aber drei Fälle zu unterscheiden. Liegt erstens der Durchschnittspunkt dieses Asteroidenringes mit der Ekliptik auf der Erdbahn selbst, so geht die Erde durch ihn hindurch, und wir werden im Monat Mai, gerade wie im November, zahlreiche Erscheinungen von Sternschnuppen beobachten.

Trifft aber zweitens der Asteroidenring die Ebene der Ekliptik in einer Gegend, deren Entfernung von der Sonne geringer ist als der Abstand der Erde von derselben, so werden sich die Asteroiden auf

die Sonne projiciren, und ihren Glanz ſchwächen; was auf die Temperatur vom 10. bis 13. Mai einen Einfluß ausüben kann.

Endlich werden die Novemberaſteroiden im Monat Mai keinen Einfluß haben und überhaupt auch ſchwierig ſichtbar ſein, wenn ihr zweiter Durchſchnittspunkt mit der Ebene der Ekliptik weiter von der Sonne entfernt iſt, als die Erde.

Als A. Erman eine Anomalie in der regelmäßigen Zunahme der Temperatur zwiſchen dem 1. und 31. Mai wahrgenommen hatte, die an verſchieden gelegenen Orten ſich zeigte, und ſtets als eine Temperaturabnahme zwiſchen dem 10. bis 13. auftrat, ſo glaubte er ſich berechtigt, dieſelbe der Zwiſchenſtellung der Aſteroiden zwiſchen Sonne und Erde zuzuſchreiben.

Der Aſteroidenſtrom vom 10. Auguſt führt zu einem ähnlichen Reſultate. Bildet derſelbe einen ebenen Ring, ſo wird er die Ekliptik zwiſchen dem 5. und 11. Februar treffen, und alſo in dieſen Tagen eine partielle Verdunkelung der Sonne erzeugen können. A. Erman glaubt aus verſchiedenen Reihen meteorologiſcher Beobachtungen ſchließen zu dürfen, daß dieſe Verdunkelung wirklich alljährlich ſtatt habe.

Der periodiſche Rückfall der Kälte im Mai iſt eine Volksſage; die Gärtner bezeichnen dieſe kalte Periode als die drei kalten Heiligen, St. Mamertus, Pancratius und Servatius, deren Jahrestage auf den 11, 12. und 13. Mai fallen. Es findet hier ein ſehr merkwürdiges Zuſammentreffen ſtatt; indeß hat man die Erſcheinung auch durch das Schmelzen der Schnee- und Eismaſſen auf den verſchiedenen Gebirgen des nördlichen Europas erklärt. Wie wir wiſſen, abſorbirt der Schnee beim Schmelzen eine bedeutende Wärmemenge, die er den Körpern in ſeiner Umgebung und alſo auch der mit ihm in Berührung befindlichen Luft entziehen muß. Man hat daher angenommen, daß die Kälte, welche das jährliche Schmelzen des Schnees hervorruft, ſich von Norden nach Süden fortpflanze, und die durch die Beobachtungen nachgewieſene periodiſche Temperaturerniedrigung herbeiführte. Ein ſchneereicher Winter würde dieſer Hypotheſe gemäß einen kältern Mai

zur Folge haben, während nach einem milden Winter die kalte Periode im Mai wenig bemerklich sein dürfte.

Vierzehntes Kapitel.

Constanter Werth der mittleren Temperatur für alle Punkte eines bestimmten Horizontes des Festlandes. — Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in Städten und auf freiem Felde.

Die Beobachtung hat gezeigt, daß man in der ganzen Ausdehnung eines bestimmten Horizontes, z. B. des Horizontes von Paris fast dieselbe mittlere Jahrestemperatur, sowie auch eine gleiche Temperatur für dieselben Jahrestage erhält. Dies dürfte unmöglich erscheinen, wenn man daran denkt, daß der Boden sich je nach seiner chemischen Beschaffenheit, nach dem Grade seiner Vertheilung und seiner Leitungsfähigkeit verschieden erwärmt; auch unterliegt es keinem Zweifel, daß man, wenn die Kugeln der zur Untersuchung der mittleren Tages- und Jahrestemperaturen dienenden Thermometer mit dem Boden in Berührung gebracht oder einige Linien tief unter die Oberfläche eingesetzt werden, sehr merkliche Unterschiede finden würde zwischen den Angaben zweier Instrumente, von denen das eine mit Kohlenstaub bedeckt ist, während man die Kugel des andern mit kalkigem oder quarzigem Sande umgegeben hat. Man erwäge aber, daß die gewöhnlich beobachteten Thermometer sich in der Luft, und zwar meistens in einiger Höhe über dem Boden befinden, daß die atmosphärischen Schichten, auch wenn sie anfangs in Berührung mit den verschiedenen und ungleich erhitzten Bodenarten verschiedene Temperaturen besitzen, sich mischen, und durch ihre Mischung fast übereinstimmende Angaben des Thermometers hervorrufen werden. Ist diese Erklärung richtig, so wird man an Stellen, wo die Mischung der atmosphärischen Schichten gehindert ist, nicht denselben Temperaturgrad erwarten dürfen als an freien Orten. Aus dieser Bemerkung folgt, daß im Innern der Städte das Thermometer nicht denselben Grad angeben kann als im freien Felde, und im Laufe des Jahres anomale Resultate liefern wird, jedoch ohne daß es möglich wäre, den Betrag des

Einfluſſes jener zufälligen Umſtände anders als auf empiriſchem Wege zu beſtimmen. Auf dieſe Weiſe erklärt ſich, wenigſtens zum Theil, der Unterſchied von einem halben Grade, den Howard zwiſchen den mittleren Temperaturen der Stadt London und des umgebenden Feldes fand.

Funfzehntes Kapitel.

Mittlere Temperaturen des Meeres in den verſchiedenen Breiten.

Es wird Zeit, daß wir auch erforſchen, wie die Temperaturverhältniſſe ſich ändern, wenn ein Horizont von gegebener Ausdehnung, anſtatt aus feſten Maſſen, ganz und gar von einer dicken Waſſerſchicht gebildet wird.

Im 9. Kapitel (S. 441) habe ich ſchon erwähnt, daß das Waſſer ſich an ſeiner Oberfläche weniger erhitzt, als die erdigen Subſtanzen, weil dieſe letztern eine viel geringere ſpecifiſche Wärme haben, als das Waſſer; ſo daß die Menge Sonnenwärme, welche nöthig iſt, um ihre Temperatur z. B. um 10° zu erhöhen, viel weniger beträchtlich iſt als die Wärmemenge gleichen Urſprungs, welche die Temperatur einer Waſſerſchicht um dieſelbe Anzahl Grade zu erhöhen vermag.

Außerdem muß ich hinzufügen, daß die Sonnenſtrahlen, welche ſchon in einer ſehr dünnen erdigen Schicht abſorbirt werden, in das Waſſer zum Theil in eine beträchtliche Tiefe eindringen; daß namentlich im Meere ſie erſt gänzlich erlöſchen, nachdem ſie Tiefen von hundert Metern erreicht haben, ſo daß die durch die Abſorption erzeugte Wärme, anſtatt ſich ſo zu ſagen an der Oberfläche zu concentriren, ſich auf eine große Waſſermaſſe vertheilt, und folglich die Temperatur um ſo geringer ſein muß, je beträchtlicher dieſe Maſſe iſt.

Die Verdampfung, die, wie wir (S. 443) geſehen haben, eine ſehr intenſive Erkältungsurſache bildet, wirkt um ſo ſtärker erkältend, in je ausgedehnterem Maaße ſie auftritt. Wo die Flüſſigkeit unaufhörlich zur Verdampfung bereit iſt, exiſtirt folglich eine Urſache zur Temperaturerniedrigung, wie ſie auf dem Feſtlande entweder gar nicht oder nicht in demſelben Grade angetroffen wird.

Dieſe drei Urſachen, die ſpecifiſche Wärme, die Diathermanſie und die Verdampfung, haben zur Folge, daß das Waſſer und die mit ihm in Berührung befindliche Atmoſphäre im Sommer weniger heiß ſind, als die entſprechend gelegenen Theile der Continente.

Nachdem wir geſehen haben, welche Rolle bezüglich der Temperatur das Waſſer im Sommer ſpielt, wollen wir jetzt unterſuchen, wie ſich daſſelbe im Winter verhält.

Schon im 3. Kapitel (S. 427) habe ich hervorgehoben, daß die an der Oberfläche des Waſſers gelegenen Theile, deren Temperatur durch die Strahlung gegen die kalten Regionen des Raumes geſunken iſt, zufolge ihres größeren ſpecifiſchen Gewichtes abwärts ſinken; daher muß die Oberfläche des Meeres eine höhere Temperatur behalten, als ſie die Oberfläche der Continente darbietet, weil hier die an der Oberfläche gelegenen erkalteten Theilchen ſich nicht in den Erdboden einſenken.

Alle dieſe aus einer ſorgfältigen Unterſuchung der Wirkungsweiſe der Sonnenſtrahlen auf eine Waſſerfläche und auf den Boden eines Feſtlandes hergeleiteten Folgerungen werden durch die Beobachtungen beſtätigt.

So iſt in Bordeaux die mittlere Temperatur des Winters $6^{0}1$, während unter gleicher Breite die Temperatur des atlantiſchen Meeres niemals unter $10^{0}7$ C. hinabſinkt.

Unter dem 50. Breitengrade hat man die Temperatur des Meeres niemals unter 9^{0} gefunden.

Sämmtliche Beobachtungen, die man geſammelt hat, zeigen, daß in der nördlichen Halbkugel und in der gemäßigten Zone die mittlere Temperatur einer kleinen mitten im atlantiſchen Oceane gelegenen Inſel höher ſein würde als die mittlere Temperatur eines unter gleicher Breite gelegenen Ortes auf dem Feſtlande, und daß man auf ihr einen weniger heißen Sommer und einen weniger kalten Winter zu erwarten hätte. Als Beiſpiel für ſolche Abweichungen kann beſonders die Inſel Madeira dienen.

Sechszehntes Kapitel.

Unterſchiede zwiſchen den mittleren Temperaturen der nördlich und ſüdlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte. — Die Sonne ſendet beiden Halbkugeln der Erde gleiche Wärmemengen zu.

Aus der im Vorſtehenden über die Jahreszeiten gegebenen Theorie folgt, daß zwei ähnlich gelegene Orte, der eine nördlich, der andere ſüdlich vom Aequator, dieſelbe mittlere Temperatur haben ſollten; dies findet indeß nicht ſtatt. Was kann der Grund eines ſolchen Unterſchiedes ſein? Man hat anfangs daran gedacht, ihn in einem aſtronomiſchen Umſtande zu ſuchen, auf den ich, um die Erklärung nicht zu compliciren, zuvor noch nicht Rückſicht genommen habe; ich meine nämlich die Aenderungen in der Entfernung der Sonne von der Erde in den verſchiedenen Monaten des Jahres.

Wenn die ſcheinbare Bahn der Sonne ein Kreis wäre, ſo hätten wir an dem Vorhergehenden nicht ein einziges Wort zu ändern; in Wirklichkeit iſt dieſelbe aber eine Ellipſe, in der wir zwei Punkte, das Perihelium und das Aphelium (Bd. 12, S. 204) unterſchieden haben, denen ziemlich ſtark von einander abweichende Abſtände der Sonne von der Erde entſprechen. Durch Mikrometermeſſungen hat man gefunden, daß wenn die Periheldiſtanz 0,9832 geſetzt wird, die Apheldiſtanz bis 1,0168 ſteigt, oder daß letztere durch 113 ausgedrückt wird, wenn man die Periheldiſtanz als 100 nimmt. Die Sonne erleuchtet und erhitzt aber einen gegebenen Horizont auf der Erde um ſo mehr, je näher ſie iſt; um ſo weniger, je weiter ſie abſteht, und zwar im Verhältniß des Quadrats der Entfernungen. Nun geht die Sonne im December durch ihr Perihelium und im Juni durch ihr Aphelium; iſt alſo während des Frühlings und Sommers der nördlichen Halbkugel möglichſt weit von der Erde, dagegen ihr möglichſt nahe während des Herbſtes und Winters derſelben Hemiſphäre.

Der geringere Abſtand der Sonne in dieſen beiden letzten Jahreszeiten muß dahin wirken, die Kälte zu mäßigen, und ihr größerer Abſtand im Juni die Wärme des Sommers und Frühjahrs zu vermindern. Das Umgekehrte findet offenbar in der ſüdlichen Halbkugel

ſtatt; Frühling und Sommer werden dort heißer, und Herbſt und Winter kälter ſein, als wenn die Sonnenbahn ein Kreis wäre.

Alles bisher Vorgetragene iſt an ſich klar; vergeſſen wir aber nicht uns daran zu erinnern, daß die Sonne ſich bei größerem Abſtande langſamer, bei kleinerem dagegen ſchneller bewegt, und daß infolge dieſer Ungleichheiten in der Geſchwindigkeit die Sonne acht Tage länger gebraucht, um vom Frühlingsäquinoctium zum Herbſtäquinoctium zu kommen, als um die entgegengeſetzte Hälfte der Bahn vom Herbſtäquinoctium bis zum Frühlingsäquinoctium zurückzulegen. Die beiden heißen Jahreszeiten in unſerer Hemiſphäre ſind alſo ſicherlich etwas kälter als die beiden heißen Jahreszeiten in der ſüdlichen, haben aber dafür eine längere Dauer. Werden alle Umſtände in Rechnung gezogen, ſo ergibt ſich eine vollſtändige Compenſation; man findet, daß die Sonne trotz der Verſchiedenheiten ihrer Entfernung doch beiden Halbkugeln der Erde genau dieſelbe Wärmemenge ſpendet; alſo nicht in einem aſtronomiſchen Umſtande, der mit der elliptiſchen Form der Sonnenbahn zuſammenhängt, nicht in den Verſchiedenheiten der Entfernungen dieſes Geſtirns von der Erde haben wir den Grund zu ſuchen für die Ungleichheit der mittleren Temperatur, die an ähnlich zu beiden Seiten des Aequators gelegenen Orten ausgeführte Beobachtungen, z. B. zwiſchen der mittleren Temperatur von London und den Falklandsinſeln (Maluinen), ergeben haben.

Ich wiederhole nochmals, Alles, was jene Verſchiedenheit in der Entfernung herbeiführen kann, beſchränkt ſich auf eine ungleiche Vertheilung der Temperaturen in den verſchiedenen Monaten des Jahres; in Bezug auf den Mittelwerth iſt ſie gänzlich ohne Einfluß; dagegen liegt in der phyſiſchen Conſtitution unſeres Erdkörpers, in der ungleichen Vertheilung von Land und Meer unter die beiden entgegengeſetzten Halbkugeln eine Urſache, durch welche ſich, wie ich ſogleich zu beweiſen verſuchen werde, eine annehmbare Erklärung der Erſcheinung geben läßt.

Siebenzehntes Kapitel.

Erklärung des Unterſchiedes in den mittleren Temperaturen zweier nördlich und ſüdlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte.

Meiner Anſicht nach unterliegt es keinem Zweifel, daß die Urſache des in der Ueberſchrift dieſes Kapitels angegebenen Unterſchiedes in der ungleichen Vertheilung des Feſtlandes und des Meeres über die beiden Hemiſphären geſucht werden muß.

Wie bereits im 12. Kapitel (S. 450) erwähnt, verhält ſich die Ausdehnung des flüſſigen Elementes auf der Oberfläche der Erde zur Größe des Feſtlandes wie 27 : 10 oder faſt wie 3 : 1.

Die Atmoſphären der verſchiedenen Gegenden auf unſerer Erde werden durch heftige Winde und durch Luftſtrömungen von geringerer Geſchwindigkeit mit einander gemiſcht. Infolge ſeiner großen Ausdehnung muß alſo der Ocean einen ſehr bedeutenden Einfluß auf das Continentalklima in ſolchen Gegenden zeigen, wohin die ihm eigenthümliche Atmoſphäre getrieben wird. Die Erforſchung der Temperaturänderungen in der über dem Meere befindlichen Atmoſphäre und der Windrichtungen kann alſo allein zu einer richtigen Beurtheilung gewiſſer Klimate führen.

Zieht man z. B. durch die Falklandsinſeln einen mit dem Aequator parallelen Kreis, ſo wird derſelbe in ſeinem Verlaufe höchſtens noch einen ſehr geringen Theil des feſten Landes von Amerika treffen; der ganze übrige Theil ſeines Umfangs fällt auf den Ocean. Der genannte Parallelkreis iſt alſo in ſeiner ganzen Erſtreckung der Sitz einer beträchtlichen Verdampfung, welche auf Koſten einer großen dem Meerwaſſer entzogenen Wärmemenge erfolgt. Allerdings wird die in den Dämpfen und den daraus gebildeten Wolken enthaltene latente Wärme im Augenblicke der Verwandlung der Wolken in Regen wieder frei. Man muß aber erwägen, daß dieſe Verwandlung nicht genau vertical über der Gegend, wo der Dampf ſich gebildet hat, eintritt; daß die Winde die Wolken oder die blos erſt mit Dämpfen, aus denen ſich ſpäter Wolken bilden, erfüllte Atmoſphäre weit von dem urſprünglichen Entſtehungsorte forttreiben, und daß die Rückerſtattung der Wärme, welche die Dämpfe im Augenblicke ihrer Verdichtung zu

Regen an die Luft oder das Meerwaſſer zurückliefern, einer ganz andern Gegend als derjenigen, wo die Verdampfung erfolgt iſt, zum Vortheil gereicht. Daher wird das Meer in dem Parallelkreiſe der Falklandsinſeln kälter ſein, als man nach ſeiner geographiſchen Breite erwarten ſollte. Die durch die mittlere anomale Temperatur der umgebenden Meere modificirte mittlere Temperatur dieſer Inſeln ſowie des amerikaniſchen Feſtlandes dieſer Gegend muß alſo niedriger ſein, als die Temperatur ähnlich gelegener Orte in der nördlichen Hemiſphäre, in deren Nachbarſchaft keine ausgedehnten Meere ſich finden und deshalb eine viel weniger beträchtliche Verdampfung erfolgt.

Es gibt noch eine zweite Urſache, welche ebenfalls dazu beiträgt, das Meer in der Gegend der Falklandsinſeln kälter zu machen, als in unſeren Klimaten der Fall iſt. Da, wo eine ausgedehntere Meeresfläche ſich findet, muß ſich im Winter eine größere Maſſe Eis bilden; wenn nun dieſes Eis in der heißen Jahreszeit ſchmilzt, ſo entnimmt es die zu ſeiner Zuſtandsveränderung nöthige Wärme den Waſſerſchichten, auf welchen es ſchwimmt. Allerdings hat früher im Momente ſeines Gefrierens das Meerwaſſer alle ſeine latente Wärme, welche den Unterſchied zwiſchen dem flüſſigen Waſſer und dem feſten Eiſe ausmacht (S. 442), abgeben müſſen; dieſe Wärme war aber zum Theil der umgebenden Atmoſphäre zu gut gekommen, und die Winde haben die freigewordene Wärme in alle Regionen der Erde zerſtreut. Offenbar kann die genannte Urſache einer niedrigen Temperatur des Meeres in dem Parallelkreiſe der Falklandsinſeln nicht in gleichem Grade unter den entſprechenden Parallelen der nördlichen Halbkugel wirken, da hier zwiſchen Amerika und dem alten Continente die Meeresoberfläche eine geringere Ausdehnung beſitzt.

Achtzehntes Kapitel.

Erklärung der Temperaturunterſchiede zwiſchen den Oſt- und Weſtküſten der beiden Continente. — Strenges Klima des nördlichen Amerikas.

Ich muß ſofort einem Einwande begegnen, den man ſonſt jedenfalls gegen die Theorie, mittelſt deren ich über die Verſchiedenheit der

Klimate Rechenschaft zu geben versucht habe, vorbringen würde. Deine Erläuterungen, würde man sagen, liefern zwar genügende Auskunft über die klimatischen Unterschiede zwischen den Inseln und den unter gleicher Breite im Innern der Continente gelegenen Orten; wie sind aber nach denselben Principien die Unterschiede zu erklären, die man zwischen den Temperaturen zweier Orte findet, welche beide eine continentale Lage haben und gleiche Breite besitzen? Wie soll man z. B. die Unterschiede erklären, welche man zwischen den mittleren Temperaturen und ebenso den Temperaturen der verschiedenen Jahreszeiten in Quebec bemerkt, wenn man sie mit den pariser Beobachtungen vergleicht? was ist der Grund für die Abweichungen, welche sich zwischen den Temperaturen von Boston, New-York, Philadelphia und den Temperaturen der unter gleicher Breite in Europa gelegenen Orte zeigen? So würde der Einwand in ungeschwächter Stärke lauten.

Darauf antworte ich: daß die Winde einen ganz außerordentlichen Einfluß auf die Temperatur der Orte haben, zu denen sie gelangen, daß sie nach jedem dieser Orte einen Theil der Temperatur der von ihnen durchstrichenen Gegenden übertragen; daß sie überall, wo sie wehen, einen mehr oder minder beträchtlichen Theil ihrer ursprünglichen Temperatur zurücklassen, wenn sie heißer sind als die durchlaufenen Gegenden, und daß das Gegentheil eintritt, sobald sie kälter sind. Aus einer astronomischen Ursache, deren Erklärung ich im folgenden Kapitel geben werde, sind in den gemäßigten Breiten Nordamerikas die Südwestwinde vorherrschend; dieselben kommen aus dem Stillen Meere und erreichen also die Küste der Vereinigten Staaten erst, nachdem sie Amerika seiner ganzen Breite nach durchstrichen haben. Wehen sie im Sommer, so steigt ihre Temperatur, die in dem Augenblicke, wo sie das Meer verließen, um auf das Land überzugehen, sehr mäßig war, infolge der sehr viel höhern Temperatur, welche der ganze feste Theil des amerikanischen Continentes zu dieser Jahreszeit erreicht hat. Zu der Zeit also, wo dieser Wind in Quebec, Boston, Philadelphia ankommt, wird er fast die Temperatur besitzen, wie sie die Atmosphäre dieser Städte durch die bloße Absorption der Sonnenstrahlen erlangt haben würde. Der Südwestwind wird also

keine Verminderung in den Sommertemperaturen der Nordoſtküſte Amerikas hervorrufen.

Während des Winters beſitzen die Südweſtwinde, welche vom Stillen Meere kommen, eine gemäßigte Temperatur; auf ihrem Durchzuge durch die weite Ausdehnung des amerikaniſchen Continentes werden ſie aber beträchtlich erkalten und die Oſtküſte nur mit einer ſehr erniedrigten Temperatur erreichen, die auf die aſtronomiſche d. h. von den Bewegungen der Atmoſphäre unabhängige Temperatur der genannten Städte, nur einen ſehr geringen Einfluß haben kann.

Nachdem der Wind die Oſtküſte Amerikas überſchritten hat, gleicht ſich ſeine Temperatur in jeder Jahreszeit mit der des atlantiſchen Meeres, über welches er hinſtreicht, aus; er gelangt alſo zu den Küſten des alten Continentes mit einem Wärmegrade, der im Winter höher und im Sommer niedriger iſt als die Temperatur dieſes Continentes, und wird durch ſeinen Einfluß die Unterſchiede zwiſchen den Temperaturen der beiden extremen Jahreszeiten verringern. Jeder erkennt nun, warum Buffon ſagte, daß die Oſtküſte der Vereinigten Staaten ein exceſſives Klima, d. h. für jede mittlere Temperatur verglichen mit Europa einen viel heißern Sommer und einen viel kältern Winter beſitze.

Iſt dieſe Erklärung richtig, ſo folgt, daß dieſelben Unterſchiede der Temperaturen unter gleichen Breiten auch zwiſchen den Oſt- und Weſtküſten des neuen Continentes, und zwiſchen den Küſten des großen im Oſten des alten Continentes gelegenen chineſiſchen Reiches exiſtiren müſſen.

Die Beobachtungen beſtätigen die Theorie vollſtändig. Bezüglich der Temperatur weicht die Weſtküſte Amerikas ſehr von der Oſtküſte deſſelben Continentes ab, und gleicht der Weſtküſte Europas, während andererſeits die Oſtküſte Amerikas mit ihren exceſſiven Klimaten der aſiatiſchen Oſtküſte ähnlich iſt.

Sehr bald nach der Entdeckung der nördlichen Gegenden Amerikas bemerkten die Schiffer, daß dieſelben unter gleichen Breiten viel kälter waren als Europa. Für dieſe Thatſache, worüber die aſtronomiſche Theorie der Klimate keine genügende Auskunft zu geben vermochte, ſuchte der Scharfſinn mehrerer Gelehrten, unter Andern

Halley's, eine Erklärung. Nach Letzterem stieß einst ein Komet schief gegen die Erde und änderte die Lage ihrer Umdrehungsaxe. Infolge dieses Ereignisses sollte der Nordpol, der ursprünglich sehr nahe an der Hudsonsbay gelegen hätte, weiter östlich gerückt sein. Die Gegenden aber, die er dabei verlassen hätte, wären so lange und so tief erkaltet gewesen, daß man daselbst noch heutiges Tages deutliche Spuren jener ehemaligen polaren Kälte bemerken könnte. Es bedürfe, setzte man hinzu, einer langen Reihe von Jahren, bis die Wirkung der Sonne den nördlichen Theilen des neuen Continentes ein von der ehemals erlittenen Erkaltung befreites, ihrer geographischen Lage entsprechendes Klima zu verschaffen vermöge.

Diese Theorie konnte zu Halley's Zeiten annehmbar erscheinen; jetzt, wo wir die meteorologische Thatsache, um deren Erklärung es sich handelt, in allen ihren Einzelheiten kennen, ist sie überflüssig, ungenügend und steht sogar mit den Beobachtungen selbst im Widerspruche [4]).

Es ist richtig, daß das Klima unter gleichen Breiten in den Vereinigten Staaten viel kälter ist, als in Europa; indeß verschwindet diese Verschiedenheit fast gänzlich, wenn die zur Vergleichung gewählten Orte Amerikas auf dessen Ostküste oder an den Gestaden des großen Oceans liegen. Sonach hätte also unter der Annahme von Halley's Theorie der ehemalige Nordpol der Erde die Temperaturen nur auf der Ostküste Amerikas abgeändert; er hätte also sich ursprünglich entweder auf dieser Küste oder unter sehr wenig davon entfernten Meridianen befinden müssen. Was wäre aber dann die Ursache der excessiven Kälte an der asiatischen Küste, die unter gleichen Breiten der der Ostküste Nordamerikas nicht nachsteht? Ich spreche es gleich aus, Halley kannte nur einen kleinen Theil des interessanten klimatologischen Phänomens, das er zu erklären versuchte; er wußte nicht, daß in der alten wie in der neuen Welt die Ostküste sich durch eine sehr niedrige Temperatur auszeichnet; daß die Linien gleicher Temperaturen, die von A. v. Humboldt Isothermen genannten Linien, stark von den Parallelkreisen der Erde abweichen, daß sie sowohl in Amerika als in Europa in dem Maaße sich beträchtlich gegen den Aequator senken, je weiter man von den Westküsten aus ins Innere der Continente vorschreitet u. s. w.

Da Halley's Theorie auf einer ſchlecht beobachteten Thatſache beruht, ſo wird ſie in keiner Weiſe die Annahme rechtfertigen können, daß die Axe unſerer Erde jemals ihre Lage ſelbſt nur um eine geringe Anzahl Grade geändert habe.

Neunzehntes Kapitel.

Winde. — Land- und Seewinde. — Mouſſons. — Paſſatwinde. — Entſtehung der Winde durch Druck oder Saugen. — Harmattan, Samum, Chamſin. — Geſchwindigkeit der verſchiedenen Winde. — Einfluß der Bergketten und Hochebenen auf die Fortpflanzung der Winde.

Will man den ſtörenden Einfluß des Windes bei der Erklärung der Jahreszeiten in Betracht ziehen, ſo hat man ſich ſorgfältig zu hüten in einen Kreisſchluß zu fallen. Der Urſprung der Winde im Allgemeinen und ihre Fortpflanzungsweiſe muß der Gegenſtand einer vorläufigen ganz ſpeciellen Unterſuchung werden. Die erſte Frage, deren Beantwortung ſich hier aufdrängt, iſt offenbar:

In welcher Weiſe verhalten ſich zwei benachbarte Theile der Atmoſphäre, wenn ſie ungleich erwärmt werden?

Die Schwierigkeit, welche der Löſung dieſes Problems entgegenſteht, liegt darin, daß unſer Auge in einer reinen Atmoſphäre keinen leicht wieder zu erkennenden Punkt gewahrt, durch deſſen Bewegung es die Richtung der Verſchiebungen der Schichten zu beurtheilen vermöchte. Indeß iſt doch innerhalb gewiſſer Grenzen die Löſung gelungen.

Zur Ermittelung, in welcher Weiſe ſich die Luftmaſſen zweier aneinanderſtoßenden und ungleich erhitzten Säle miſchen, kam Franklin auf den Gedanken, eine brennende Kerze in verſchiedene Höhen der Verbindungsthür zwiſchen beiden zu halten. Unten, nahe am Fußboden, zeigte die Flamme einen vom kalten nach dem warmen Saale gerichteten Luftſtrom an, während in dem oberſten Theile der Thür die Flamme ſich nach der entgegengeſetzten Seite neigte und eine vom heißen Saale gegen den kalten fließende Strömung angab. In einer

bestimmten Höhe zwischen jenen beiden extremen Stellungen dagegen schien die Luft ruhig zu sein.

Aus diesem Versuche läßt sich schließen, daß, wenn an einem Punkte der Erdoberfläche eine Erwärmung eintritt, die darüber gelegene Luftsäule sich erhebt, daß unten ein nach der heißen Stelle hin gerichteter Luftstrom entsteht, während die erhitzte und aufgestiegene Luft oben eine Strömung in gerade entgegengesetzter Richtung, also von der warmen Gegend nach der kalten hin, erzeugt.

Wer in den warmen Jahreszeiten am Ufer des Meeres gelebt hat, weiß, daß täglich von einer bestimmten Stunde an (9 oder 10 Uhr Morgens) sich ein vom Meere gegen das Land wehender Wind erhebt. Dieser von den Anwohnern mit Ungeduld erwartete Seewind (brise de mer) erfrischt die Atmosphäre während des größten Theiles des Tages bis gegen 5 oder 6 Uhr Abends. Nach Franklin's Versuche ist die Ursache dieses Windes leicht zu entdecken: er hängt nämlich offenbar von den ungleichen Erwärmungen ab, welche das Festland und das Meer durch die Wirkung der Sonnenstrahlen erfahren.

Jeden Tag, sobald von ungefähr 9 Uhr Morgens an die Temperatur der Küste die mittlere Temperatur, die stets sehr nahe die des Meeres ist, übersteigt, beginnt die über letzterem ruhende Luft nach dem Lande zu strömen. Nach 9 Uhr Abends aber, wenn umgekehrt die Temperatur der Küste unter die mittlere gesunken ist, fließt die Luft vom Lande gegen das Meer hin. Auf den See- oder Morgenwind folgt also jeden Tag nach einigen Stunden Ruhe ein Land- oder Abendwind. Die Seeleute benutzen diese beiden Winde, um in die Häfen ein- oder aus denselben auszulaufen.

Bei Gelegenheit dieser Erklärung der Land- und Seewinde will ich hier noch eine Bemerkung beifügen, die mir zu erklären scheint, warum die Temperatur auf der Ostküste der Vereinigten Staaten im Sommer so excessiv ist. Irre ich mich nicht, so kann der Seewind, dieser Mäßiger der Temperaturen, in diesem Theile der Küsten der Vereinigten Staaten nicht auftreten, so lange dort der Westwind herrscht; denn dieser letztere Wind muß den entgegengesetzt gerichteten Seewind, der sich sonst vom atlantischen Meere über die Küsten der

Vereinigten Staaten in ihrer ganzen Ausdehnung verbreiten würde, zurücktreiben.

Die Land- und Seewinde hören in einer kurzen Entfernung von den Küsten auf merklich zu ſein, und an ihrer Stelle herrſchen auf dem Meere die ſogenannten Mouſſons; ein Wort, das aus dem Arabiſchen ſtammt und Jahreszeiten bezeichnet, weil dieſe Winde ſechs Monate in der einen und ebenſolange dann wieder in der andern Richtung wehen. Die Beobachtung zeigt, daß auf der nördlichen Halbkugel der Frühjahrsmouſſon im April und der Herbſtmouſſon im October beginnt; auf der ſüdlichen Halbkugel, wo, wie wir geſehen haben, die Jahreszeiten entgegengeſetzt ſind, beginnt der Herbſtmouſſon im April und der Frühjahrsmouſſon im October. Ein Mouſſon iſt ſtets gegen diejenige Hemiſphäre gerichtet, welche die Sonne durch ihre Strahlen am meiſten erhitzt. Der Uebergang eines Mouſſon in den andern iſt für die Schifffahrt oft eine gefährliche Epoche, entweder weil mehrere Winde gleichſam in Conflict gerathen, woraus dann Stürme entſtehen, oder weil an andern Orten eine mehr oder weniger lange Windſtille zwiſchen den beiden entgegengeſetzten Mouſſons eintritt. Die Form des Meeres und der Küſten übt auf dieſe Phänomene einen ſolchen Einfluß aus, daß für jede Gegend beſondere Geſetze gelten.

Da in der Aequatorgegend die Sonnenſtrahlen die Erde in einer ſenkrechten oder nur ſehr wenig ſchiefen Richtung treffen, ſo erzeugen ſie daſelbſt, wie wir geſehen haben, eine beſtändig höhere Temperatur als in den übrigen Regionen unſerer Erde. Daraus folgt, daß in beiden Halbkugeln am Boden ein Luftſtrom gegen den Aequator hin exiſtiren muß. Infolge der täglichen Umdrehung der Erde begegnen nun aber dieſe von Norden und reſpective Süden kommenden Ströme Luftſchichten, welche mit einer größeren Geſchwindigkeit in der Richtung von Weſt nach Oſt begabt ſind. Die Luft, welche auf einem Parallelkreiſe von kleinem Radius ſich befand und die auf einem Parallelkreiſe von größerem Radius gelegene verdrängt, geht weniger geſchwind, als nöthig wäre, um der Erde in ihrer Umdrehungsbewegung zu folgen; ſie bleibt in Bezug auf einen ſich mit der Erde drehenden Beobachter zurück und muß ſich folglich in einer der täglichen

Umdrehung entgegengesetzten Richtung zu bewegen scheinen. Aus der Verbindung der beiden genannten Wirkungen entstehen die sogenannten Passatwinde (im Franz. vents alizés genannt, von einem alten französischen Worte, welches Gleichförmigkeit, Beständigkeit bezeichnet)[5]. Diese Winde werden nothwendig, falls nicht andere Ursachen auf das Phänomen störend einwirken, die nordöstliche Richtung in der nördlichen und die südöstliche Richtung in der südlichen Hemisphäre zeigen; allerdings aber können mannichfache örtliche Umstände dies theoretisch abgeleitete Resultat modificiren. So findet man, wie z. B. Capitän Basil Hall berichtet, zwischen dem 8° und 22° n. Br. auf dem Meere, welches die Westküste Mexikos bespült, von Panama bis zur Halbinsel Californiens fast unaufhörlich einen Westwind.

In dem Maaße, als der obere Luftstrom sich von den Aequatorealgegenden entfernt und sich den gemäßigten Zonen, wo er herabsinkt, nähert, begegnet er Luftschichten, die in der Richtung der täglichen Umdrehungsbewegung eine geringere Geschwindigkeit besitzen; infolge dessen muß die Rückkehr der Passatwinde in den gemäßigten Zonen eine Strömung hervorrufen, welche in der nördlichen Halbkugel aus Südwest, und in der südlichen aus Nordwest kommt. In diesem Umstande liegt der Grund, warum in Paris der Wind häufiger aus Südwest als aus jeder andern Weltgegend weht.

Im Anfange des Streites über die wirkliche Bewegung der Erde stellten die Copernikaner die Passatwinde als einen Beweis für die von West nach Ost gerichtete tägliche Umdrehung hin. Der Passatwind war in ihren Augen, wie Cassini in seiner Abhandlung von 1693 über das Zodiacallicht berichtet, eine bloße Täuschung.

Der von der Bewegung des festen Theils der Erde mitgenommene Beobachter sollte sich nämlich von der atmosphärischen Luft losreißen, welche dann scheinbar einen in entgegengesetzter Richtung, also von Ost nach West wehenden Wind erzeugen müßte. Wir haben früher gesehen, daß der wirkliche Grund für die Passatwinde einerseits in der infolge der Temperaturdifferenzen der Luftmassen an verschiedenen Orten der Erde erfolgten Verschiebung, sowie andererseits in den verschiedenen Geschwindigkeiten der durch die tägliche Umdrehung der Erde mit fortgerissenen atmosphärischen Schichten zu suchen ist.

Die Theorie der Paſſatwinde erfordert das Vorhandenſein eines obern Gegenſtromes; mehrere Beobachter haben dafür Beweiſe geliefert. Capitän Baſil Hall hat bemerkt, daß in den Regionen der Paſſatwinde ſehr hohe Wolken beſtändig in einer dem untern Winde entgegengeſetzten Richtung ziehen. Derſelbe Reiſende fand im Auguſt 1820 auf der Spitze des Pics von Teneriffa einen Südweſtwind, d. h. einen Wind, welcher dem an der Erdoberfläche wehenden Paſſatwinde vollſtändig entgegengeſetzt war. Als am 22. Juni 1799 mein hochgefeierter Freund A. von Humboldt denſelben Berg beſtieg, herrſchte auf dem Gipfel deſſelben ein ſehr heftiger Weſtwind.

Ich will hier noch einen andern Beweis für das Vorhandenſein des obern Gegenſtromes der Paſſatwinde anführen; ich finde ihn in dem Herabfallen von Staubmaſſen auf Barbados, die von dem Vulkan der Inſel St. Vincent (Bd. 13, S. 126) ausgeworfen worden waren.

Am Abend des 30. April 1812 wurden während einiger Augenblicke auf der Inſel Barbados Exploſionen gehört, welche dem Knalle mehrerer abgefeuerten groben Geſchütze dermaßen glichen, daß die Beſatzung des Schloſſes Sta. Anna die ganze Nacht hindurch unter den Waffen blieb. Am andern Morgen (1. Mai) war der Meereshorizont in Oſten rein und ſcharf begrenzt; aber unmittelbar darüber bemerkte man eine ſchwarze Wolke, welche bereits den ganzen übrigen Theil des Himmels bedeckte und bald darauf auch über den Theil des Himmels ſich verbreitete, wo das Licht der Morgendämmerung hervorzubrechen begann. Die Finſterniß ward dann ſo groß, daß es in den Stuben unmöglich war, den Ort der Fenſter zu unterſcheiden, und daß im Freien mehrere Perſonen weder die neben ihnen befindlichen Bäume, noch die Umriſſe der benachbarten Häuſer, noch ſelbſt in 6 Zoll Entfernung vor die Augen gehaltene weiße Taſchentücher zu ſehen vermochten. Dies Phänomen entſtand durch das Herabfallen einer großen Menge vulkaniſchen Staubes, der von dem Ausbruche eines Vulkans der Inſel St. Vincent herrührte und nach der Analyſe des Dr. Thomſon 91 Th. Kieſel- und Thonerde, 8 Th. Kalkerde und 1 Th. Eiſenoxyd enthielt. Dieſer eigenthümliche Regen und die durch ihn hervorgerufene Dunkelheit hörten vollſtändig erſt zwiſchen 12 und

1 Uhr Mittags auf; aber mehrere Male hatte man seit dem Morgen mit Hülfe von Laternen man möchte sagen eine Art Platzregen bemerkt, wobei der Staub in reichlicherer Menge herabfiel. Die Bäume von biegsamem Holze bogen sich unter der Last; das Geräusch, welches die Zweige der andern Bäume bei ihrem Zerbrechen erzeugten, stand in auffallendem Gegensatze mit der vollkommenen Ruhe der Atmosphäre; die Stengel des Zuckerrohrs waren gänzlich zu Boden gedrückt; kurz die ganze Insel fand sich mit einer zolldicken Schicht grünlicher Asche bedeckt.

Die Lage der Insel Barbados gegen St. Vincent macht diese Beobachtung sehr interessant; bekanntlich liegt die letztere Insel über 15 Meilen westlicher als die erstere. Die Passatwinde wehen in diesen Gegenden, besonders in den Monaten Mai und April gleichförmig und ohne Unterbrechung aus Ost mit einer geringen Abweichung nach Nord. Man hat also anzunehmen, daß der Vulkan von St. Vincent die ungeheure Staubmasse, die auf Barbados und das benachbarte Meer niederfiel, bis zu einer Höhe schleuderte, wo nicht nur die Passatwinde nicht mehr merkbar waren, sondern sogar eine grade entgegengesetzte Luftströmung herrschte; es mußte die Asche des genannten Vulkans bis zu einer Höhe emporgetrieben worden sein, welche beträchtlich genug war, um sie dem Einflusse des Nordostpassats zu entziehen, weil sie sich in entgegengesetzter Richtung fortbewegte; diese Fortbewegung konnte nur durch den obern Gegenstrom erfolgen, dessen Existenz sonach unwiderleglich bewiesen ist.

Wenn die Winde an einem Orte infolge einer Vermehrung des Gewichts der über ihm befindlichen Luftschicht entstehen, so pflanzen sie sich durch Stoß oder Druck fort; sie treiben die atmosphärischen Schichten vorwärts und werden zuerst an den Orten wahrgenommen, von wo sie zu kommen scheinen. Tritt dagegen in einer Gegend eine Verminderung in dem Gewichte der Luftsäule ein, so werden die benachbarten Schichten herbeigezogen; der Wind pflanzt sich durch Ansaugen fort, und wird zuerst in denjenigen Orten bemerklich, gegen welche er gerichtet ist.

Nach den vorstehenden Details dürfte kaum zu bezweifeln sein, daß gewisse Winde durch partielle Dichtigkeitsverminderungen in

der Atmosphäre oder durch aufsteigende Luftströme entstehen, die sich zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gegenden der Continente und Meere bilden. Die Orte, wo diese Abnahmen der Dichtigkeitsverminderungen eintreten, werden ebenso viele Centra, nach welchen die umliegenden Luftmassen der Atmosphäre hinfließen oder stürzen. Bis jetzt war nur von mäßigen Winden die Rede; es läßt sich aber durch Thatsachen beweisen, daß sehr heftige Winde, wahre Orkane, ebenfalls bisweilen durch Ansaugen entstehen.

Am 21. October 1743 bereitete sich Franklin zum Beobachten einer Mondfinsterniß vor, die in Philadelphia gegen 9 Uhr beginnen sollte. Ein Orkan aus Nordost trat seit 7 Uhr mit großer Heftigkeit und wie gewöhnlich von dicken Wolken begleitet auf, und machte die Beobachtung unmöglich. Zu Boston aber, das ungefähr 75 Meilen nordöstlich von Philadelphia liegt, hatte man die Finsterniß sehr gut beobachten können, der Orkan zeigte sich hier erst zwei Stunden später als in Philadelphia. Beim weitern Verfolgen dieser Erscheinung fand Franklin, daß der Orkan um so später begonnen hatte, je weiter er nach Nordosten zurückging.

In einer Abhandlung des Capitäns Tillard über die Entstehung der Insel Sabrina bei den Azoren im Jahre 1811 findet sich folgende Stelle: „Die Rauchwolke (die aus dem Krater aufstieg) erhob sich viel höher als die Asche; große wogende Massen dehnten sich allmälich in der Richtung des Windes in eine horizontale Schicht aus, und zogen eine Menge Wasserhosen an sich, was die Schönheit des Schauspiels bedeutend erhöhte."

Franklin erläutert durch zwei populäre Beispiele die Ursache solcher Orkane. „Wir nehmen, sagt er, einen langen mit Wasser gefüllten Kanal, der an einem seiner Enden mittelst einer Thür verschlossen ist. Das Wasser befindet sich darin gänzlich in Ruhe, bis die Thür geöffnet wird; dann aber beginnt das Wasser sich in Bewegung zu setzen, um durch diese Thür zu entweichen; das derselben zunächst liegende Wasser setzt sich zuerst in Bewegung, um durch den geöffneten Weg auszufließen; darauf geräth das angrenzende Wasser in Bewegung und so allmälich weiter, bis zuletzt sich auch das am andern Ende des Kanals befindliche Wasser nach der Seite hin begibt, wo

der Widerſtand vermindert worden iſt. Sämmtliches Waſſer bewegt ſich in dieſem Falle wirklich nach der Thür hin, aber die Punkte, für welche ſucceſſive dieſe Bewegungen beginnen, ſchreiten in entgegengeſetzter Richtung, d. h. von der Thür rückwärts bis zum Anfange des Canals fort.

„Nehmen wir ferner an, daß die Luft in einem Zimmer ruhig und ohne irgend eine Strömung ſei, und zünden dann Feuer in dem Kamine an. Die Luft im Innern des Schornſteines wird durch die Hitze verdünnt, und ſteigt aufwärts; die Luft neben demſelben fließt, um die erſtere zu erſetzen, in den Schornſtein, und nach und nach theilt ſich dieſe Bewegung der ganzen übrigen Luft bis auf die hinter der Thür gelegene mit.

„Zur Erklärung der Entſtehung unſerer Nordoſtſtürme an den Weſtküſten der Vereinigten Staaten genügt alſo die Annahme einer großen Erhitzung und Verdünnung der Luft in dem mericaniſchen Meerbuſen oder in der Nachbarſchaft. Die Luft, welche aufwärts ſteigt, wird ſofort durch die an der benachbarten nördlichen Küſte befindliche erſetzt, die kälter und folglich dichter und ſchwerer iſt. Sobald dieſe in Bewegung gerathen iſt, folgt die nächſte weiter nach Norden gelegene Luft nach u. ſ. f. Daraus entſteht nach und nach eine Strömung, welche die nordöſtliche Richtung annimmt, weil die Küſten und Bergketten des merikaniſchen Feſtlandes ſich von Nordweſt nach Südoſt erſtrecken[6]).“

Die hohe Temperatur im Innern Afrikas gibt zur Entſtehung ungewöhnlicher Winde Veranlaſſung, die ſich an den Küſten von Guinea, an den Küſten der Barbarei, in Aegypten, Arabien, Syrien, den Steppen des ſüdlichen Rußlands und ſelbſt in Italien zeigen. Die mit den Namen Harmattan, Semum (Samum), Chamſin bezeichneten Winde ſind von auffallenden Umſtänden begleitet, über die ich es für nützlich halte, einige Details mitzutheilen. Insbeſondere ſind ſie heiß und trocken, und führen Staubwirbel mit ſich.

Harmattan heißt ein Wind, der drei oder vier Mal in jeder Jahreszeit vom Innern Afrikas gegen das atlantiſche Meer weht. In dem zwiſchen dem grünen Vorgebirge (15° n. Br.) und dem Cap Lopez (1° ſ. Br.) liegenden Theile der Küſte erſcheint der Harmattan hauptſächlich in den Monaten December, Januar und Februar; ſeine

Richtung fällt zwiſchen OSO. und NNO.; er hält gewöhnlich nur 1 oder 2, bisweilen aber auch 5 bis 6 Tage an, und beſitzt eine nur mäßige Stärke.

Ein eigenthümlicher Nebel, dick genug, um am Mittage kaum einige Sonnenſtrahlen durchzulaſſen, erhebt ſich, wenn der Harmattan weht; die Theilchen, welche dieſen Nebel bilden, ſetzen ſich auf den Raſen, die Baumblätter und die Haut der Neger ab, ſo daß Alles weiß erſcheint. Die Beſchaffenheit dieſer Theilchen iſt unbekannt; man weiß blos, daß der Wind ſie nur bis auf eine geringe Entfernung von dem Lande über das Meer treibt; eine halbe Meile weit auf das Meer hinaus z. B. iſt dieſer Nebel ſchon ſehr geſchwächt; in $1^1/_2$ Meile Entfernung zeigt ſich keine Spur mehr davon, obſchon der Harmattan dort noch in ſeiner ganzen Stärke auftritt.

Die außerordentliche Trockenheit des Harmattan iſt eines ſeiner charakteriſtiſchen Merkmale. Weht dieſer Wind einige Zeit, ſo vertrocknen die Zweige der Orangen-, Citronen- und anderer Bäume, und ſterben ab; die Deckel der Bücher (ſelbſt ſolcher, die in gut verſchloſſenen Reiſekoffern von Wäſche bedeckt liegen) krümmen ſich, als wären ſie einem ſtarken Feuer ausgeſetzt geweſen. Die Thür- und Fenſterbekleidungen, die Meubles in den Zimmern knacken und zerreißen oft. Die Wirkungen dieſes Windes auf den menſchlichen Körper ſind nicht minder auffallend. Augen, Lippen, Gaumen werden trocken und ſchmerzen. Dauert der Harmattan 4 bis 5 Tage hintereinander fort, ſo ſchälen ſich Hände und Geſicht ab. Um dieſem Uebelſtande vorzubeugen, reiben die Fantee ihren ganzen Körper mit Fett ein.

Nach dem im Vorſtehenden berichteten verderblichen Einfluſſe auf die Pflanzen könnte man glauben, daß der Harmattan ſehr ungeſund ſein müſſe; indeß zeigt ſich gerade das Entgegengeſetzte. Die Wechſelfieber z. B. ſind völlig geheilt, ſobald der Harmattan zu wehen beginnt. Diejenigen, welche durch die in jenen Gegenden übliche übermäßige Anwendung des Aderlaſſes geſchwächt ſind, erhalten ihre Kräfte bald wieder; die remittirenden und epidemiſchen Fieber verſchwinden ebenfalls, wie durch Zauber. So groß iſt der günſtige Einfluß dieſes Windes auf die Geſundheit, daß während ſeiner Dauer eine Anſteckung nicht gelingt, ſelbſt nicht durch Kunſt. Die Thatſache,

auf welche ſich dieſe Behauptung ſtützt, laſſe ich hier folgen; ſie wird von einem älteren engliſchen Reiſenden Matthias Dobſon berichtet:

Im Jahre 1770 lag zu Whydah ein engliſches Fahrzeug, die Unity, mit mehr als 300 Negern beladen. Da ſich die Blattern bei einigen dieſer Sklaven gezeigt hatten, ſo beſchloß der Eigenthümer, dieſelben den übrigen einzuimpfen. Alle diejenigen, bei denen die Operation vor dem Wehen des Harmattan vollzogen wurde, erhielten die Krankheit. Siebzig waren am zehnten Tage geimpft worden, wo der Harmattan angefangen hatte ſich zu zeigen; bei Keinem derſelben ſchlug das Impfen an oder trat ein Ausbruch der Blattern ein. Dagegen erhielten einige Wochen ſpäter, zu einer Zeit, wo der Harmattan nicht mehr herrſchte, dieſelben Individuen die Blattern, theils auf natürlichem, theils auf künſtlichem Wege. Ich ſetze noch hinzu, daß während dieſes zweiten Ausbruches der Krankheit die 69 Sclaven, welche davon befallen waren, nachdem der Harmattan wieder zu wehen begonnen hatte, ſämmtlich geheilt wurden.

Das Land, welches der Harmattan durchſtreicht, bevor er die Küſte erreicht, beſteht bis auf eine Entfernung von mehr als 50 Meilen aus ganz offenen grünen Ebenen und einigem Gehölze von geringer Ausdehnung. Hie und da finden ſich einzelne Flüſſe und wenig beträchtliche Seen.

Der Semum oder Samum, der giftige Wind der Wüſte, iſt ein ſehr heftiger Südoſtwind. Er trocknet die Schläuche aus, in welchen die in Caravanen vereinigten Reiſenden ihr Waſſer mit ſich führen, und iſt deßhalb beſonders zu fürchten. Als Burkhardt im Juni 1815 von Tor nach Suez ritt, war an einem Vormittage, während deſſen der Samum wehte, ein Drittheil von dem Inhalte ſeines Schlauches verdunſtet. Derſelbe Reiſende iſt überzeugt, daß in allen über die verheerenden Wirkungen dieſes Windes veröffentlichten Berichten ſehr arge Uebertreibungen ſich finden; er hat ſich öfter ohne beſondere Beſchwerde demſelben ausgeſetzt, und keinen völlig beglaubigten Vorgang gehört, wo dieſer Wind unmittelbar den Tod eines Menſchen oder irgend eines Thieres veranlaßt hätte.

Wirbel, Arten von Landhoſen treten häufig mit dem Samum auf, und treiben Sandmaſſen ſehr hoch in die Lüfte, welche dann der

Atmosphäre je nach der Beschaffenheit des Bodens eine rothe, orange, und selbst blaue Färbung ertheilen; indeß herrscht das Gelb vor. Der Staub vermehrt stets merklich die Temperatur der Atmosphäre.

Im Mai 1813 sah Burkhardt zu Esne in Oberägypten, während des Samums, daß das Thermometer im Schatten bis 49,4° C. (121 F.) stieg. Diese übermäßige Hitze währt aber kaum jemals länger als $^1/_4$ Stunde; sobald der Staub sich legt, sinkt das Thermometer. Die Araber bedecken ihren Kopf, um sich gegen den Flugsand zu schützen, und nicht, wie man wohl gesagt hat, um zu verhindern, daß die Luft sie unmittelbar treffe; Burkhardt hat sie niemals mit dem Gesicht sich auf die Erde legen sehen.

Der Chamsin, durch seine hohe Temperatur sehr auffallend, dauert, wie dies auch sein Name in der Landessprache andeutet, 50 Tage; er beginnt ungefähr 25 Tage vor dem Frühlingsäquinoctium und endigt 25 Tage nach demselben.

In Europa kennt man in Italien den Sirocco, in Spanien den Solano, welche Winde die Einwohner durch die erschlaffende Wärme, die sie begleitet, in einen Zustand großer Mattigkeit versetzen. Auch die neue Welt entgeht ebensowenig der glühenden Einwirkung einiger sehr heißen und trockenen Winde; es wehen solche vom Lande her nach den Küsten Neuhollands, sowie sie sich auch bisweilen in den Llanos am Orinoco zeigen.

Die nachstehenden Zahlen geben eine Vorstellung von der Geschwindigkeit der verschiedenen Arten von Winden:

Geschwindigkeit in einer Secunde.	Geschwindigkeit in einer Stunde.	Stärke des Windes.
0,5 Meter	0,24 Meilen	kaum merklich.
1,0 "	0,48 "	merklich.
2,0 "	0,96 "	mäßig.
5,5 "	2,7 "	ziemlich stark.
10,0 "	4,8 "	stark.
20,0 "	9,6 "	sehr stark.
22,5 "	10,6 "	Sturm.
27,0 "	12,9 "	heftiger Sturm.
36,0 "	17,2 "	Orkan.
45,0 "	21,5 "	Orkan, der Bäume entwurzelt und Häuser umstürzt.

Die Winde, welche sich mit diesen mehr oder weniger großen Geschwindigkeiten bewegen, müssen mehr oder weniger schnelle Aenderungen in den Temperaturen eines jeden Ortes hervorrufen und also einen sehr bedeutenden Einfluß auf das Klima ausüben. Indeß können sie nicht eben so wie auf der Oberfläche des Meeres, wo ihrem Zuge kein Hinderniß entgegentritt, auch auf die Oberfläche der Continente wirken; denn auf letzteren halten Hochebenen und Gebirgsketten sie auf oder ändern ihre Richtung.

Asien wird in der Richtung von West nach Ost von sehr hohen Gebirgsketten durchschnitten, die der Fortpflanzung südlicher Winde oft ein Hinderniß entgegensetzen müssen.

Im Süden von Asien liegt kein ausgedehnter Continent in der heißen Zone; wir finden unter dem Aequator nur kleine Theile der Inseln Sumatra, Borneo, Celebes und Gilolo.

Im Süden von Europa dagegen werden die Gegenden unter dem Aequator und in der heißen Zone von dem breitesten Theile des afrikanischen Festlandes eingenommen.

Wenn die Atmosphären der verschiedenen Gegenden der Erde sich unten oder oben durch eine von Süd nach Nord gerichtete Bewegung mischen, so wird Europa von Afrika günstig wirkende Luftströme empfangen; Asien wird sich nicht in gleichem Grade solcher erfreuen können, weil die südlichen Strömungen nur vom Meere her zu ihm gelangen.

A. von Humboldt hat gefunden, daß im südlichen Amerika die Ausdehnung der Bergregion zu der der Ebenen sich wie 1 : 4 verhält.

Jeder wird nach diesen Zahlen also ermessen, welchen bedeutenden Einfluß eine merkliche Aenderung in dem physischen Zustande der Gebirge und folglich auch der sie umgebenden Atmosphäre auf die klimatischen Verhältnisse eines ganzen Landes ausüben kann.

Zwanzigstes Kapitel.

Wirkung der Meeresströmungen und Meere auf die Klimate.

Wir haben den Winden in Bezug auf Aenderung der Klimate einen sehr bedeutenden Einfluß zugeschrieben. Hätte ich ein Lehrbuch der Meteorologie zu schreiben, so würde ich eine gleiche Wichtigkeit den Meeresströmungen beilegen müssen, welche das unter einer gewissen Breite erhitzte oder erkaltete Wasser unter andere Breitengrade versetzen; hier muß ich mir aber ein weiteres Eingehen ins Einzelne versagen. Indeß möge man mir die Bemerkung gestatten, daß Europa, bezüglich seiner Temperatur schon begünstigt durch das Vorhandensein eines zusammenhängenden Festlandes in den Aequatorealgegenden, das sich durch die Wirkung der Sonnenstrahlen stärker erhitzt, als die flüssige Oberfläche in den Tropengegenden südlich von Asien, — auch des Vortheils genießt, in seinem Norden ein Meer zu haben, das durch einen eigenthümlichen Umstand fast stets bis in sehr hohe Breiten vom Eise frei bleibt. Der gedachte Umstand ist der unter dem Namen des Golfstroms bekannte Strom warmen Wassers, welcher, nachdem er durch den Bahamakanal hervorgebrochen und in einer gewissen Ausdehnung parallel mit der Ostküste der Vereinigten Staaten hingegangen ist, sich nach Europa wendet, und Irland, die shetländischen und orkadischen Inseln, die norwegischen Küsten und die umgebenden Meere erwärmt.

Man vergesse nicht, daß das Meer durch seine Nähe nur unter der Bedingung, daß es flüssig bleibt, einen mildernden Einfluß auf die Kälte in den Continenten ausübt; gefriert das Meer, bedeckt es sich mit Eis und Schnee, so verhält es sich wie das feste Land.

Sollte man meinen, ich übertriebe den Einfluß des Meeres auf die Temperatur der Continente, so will ich als Resultat aus Beobachtungen in Amerika hervorheben, daß die Nähe der großen Seen dort die Temperaturen der umliegenden Gegenden in der Weise ändert, daß sie sich den Temperaturen der Küsten nähern. So muß z. B. der Huron- und Michigansee wirken, die an manchen Punkten über 600 Meter tief sind, wonach ihr Boden mehr als 400 Meter unter dem Niveau des Meeres liegt.

Wirft man übrigens einen Blick auf die Zahlen, welche die Entwickelung der Küsten der Continente darstellen, so begreift man leicht, daß die Meere auf die Klimate der verschiedenen Länder einen ungleichen Einfluß ausüben müssen. So ist die Ausdehnung der Küsten Europa's drei Mal größer, als wenn dieser Erdtheil bei gleicher Oberfläche ein Kreis wäre.

Für Asien ist dies Verhältniß wie	1 : 2,4.
Für Afrika	1 : 1,4.
Für Neuholland	1 : 1,4.
Für Südamerika	1 : 1,6.
Für Nordamerika	1 : 2,9.

Ich füge die folgende Thatsache bei, als Beispiel eines Ortes, an welchem die Nähe des Meeres ein besonders sehr anomales Klima hervorbringt. In der Nähe des Hafens von Salcombe in Devonshire dauern unter mehr als 50° n. Br. die Myrthen im Winter ohne Schutz im freien Lande aus. Im Jahre 1774 blühte daselbst eine Agave; sie war 28 Jahre alt und niemals bedeckt worden. Man sieht auf eben dieser Küste Pommeranzenbäume an Spalieren, die kaum bedeckt werden, Früchte tragen.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Klimate. — Dauer der Tage und Nächte an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten. — Zonen auf der Erdoberfläche.

Wie wir gesehen, ist die von der Sonne den verschiedenen Punkten unserer Erde zugesandte Wärme die einzige Quelle der Erwärmung der Oberfläche der letztern. Je länger die Sonne ihre wohlthuenden Strahlen in einer der Verticalen eines Ortes genäherten Richtung sendet, um so höher ist die Temperatur desselben. Im 11. Bande (S. 240) habe ich früher gezeigt, daß die Dauer der Tage und folglich auch der Nächte in allen Gegenden der Erde stets von der Declination des Mittelpunktes der Sonne und von der Lage des Ortes in Bezug auf die Oberfläche unseres Planeten abhängt. Je weniger der Horizont eines Ortes gegen den Erdäquator geneigt ist, um so mehr wächst die größte Länge des Tages und der Nacht im Verlaufe eines

Jahres, und deſto weniger erhebt ſich die Sonne über den Horizont. Unter dem Worte Klima, das im Griechiſchen Neigung bedeutet, verſteht man eine Zone auf der Erdkugel, deren Breite ſo beſchaffen iſt, daß auf dem einen der beiden ſie einſchließenden und mit dem Aequator parallelen Kreiſe der längſte Tag eine Stunde länger iſt als auf dem andern. Der längſte Tag entſpricht der größten Declination der Sonne, die in runden Zahlen 23° 28′ beträgt, und dieſer längſte Tag im Jahre iſt um ſo länger, je größer die Breite oder die Polhöhe eines Ortes. Daraus folgt, daß, während unter dem Aequator ſtets Tag und Nacht gleich lang ſind, für einen unter 66° 32′ (dem Ergänzungswinkel von 23° 28′ zu 90°) gelegenen Ort eine Zeit eintreten muß, wo die Sonne nicht untergeht oder in 24 Stunden einen ganz über dem Horizonte liegenden Kreis beſchreibt.

Für jeden Punkt der nördlichen Hemiſphäre, deſſen Breite größer als 66° 32′ iſt, zeigt das Jahr vier unterſchiedene Perioden; um die Frühlingsnachtgleiche geht die Sonne in jeden 24 Stunden auf und unter, und die Dauer des Tages nimmt dann zu bis zu 24 Stunden, während die Dauer der Nacht bis Null abnimmt. In der zweiten Periode, um die Zeit des Sommerſolſtitiums, geht die Sonne nicht unter und gibt es keine Nacht. In der dritten Periode, in deren Mitte das Herbſtäquinoctium liegt, nehmen die Tage von 24 Stunden ab bis zu Null, während die Nächte von Null bis zu 24 Stunden wachſen. In der vierten Periode endlich, welche das Winterſolſtitium enthält, geht die Sonne nicht auf, die Nacht dauert fort, es gibt keinen Tag. Je mehr man ſich dem Pole nähert, um ſo mehr dehnen ſich die zweite und vierte Periode aus; am Pole ſelbſt ſind die erſte und dritte auf Null reducirt, und das Jahr iſt in zwei Abſchnitte getheilt, während welcher die Sonne entweder über oder unter dem Horizonte iſt, und mit dieſer Ebene parallele Kreiſe beſchreibt, ſo daß die von ihr ausgeſandten Strahlen ſtets ſchief auf die Oberfläche treffen, und folglich die geringſte Erwärmung hervorbringen.

An allen Punkten der nördlichen und ſüdlichen Halbkugel, deren Breite größer als 66° 32′ iſt, gibt es alſo gewiſſe Zeiten im Jahre, in welchen die Sonne mehrere Tage nicht auf- oder nicht untergeht. Die beiden mit dem Aequator parallelen Kreiſe, welche in 66° 32′

nördlicher oder ſüdlicher Breite gezogen werden und in den Figuren 244 und 245 im 13. Bande (S. 128) gezeichnet ſind, führen den Namen der Polarkreiſe, und die beiden Calotten der Erdoberfläche, welche dieſe Kreiſe zu Grundflächen haben, heißen die kalten Zonen. Die Zone am Nordpole wird auch die arktiſche Zone genannt, von ἄρκτος Bär, dem Sternbilde, das ſich in der Nähe des Nordpoles*) findet, um welchen ſich das Firmament zu drehen ſcheint. Die am Südpole gelegene Zone heißt die antarktiſche.

Der innerhalb der beiden Polarkreiſe gelegene Theil der Erde umfaßt alle diejenigen Orte, an welchen die Sonne jeden Tag im Jahre auf und unter geht; man theilt ihn in drei Zonen. Gehen wir auf der nördlichen Halbkugel vom Frühlingsäquinoctium aus, ſo beſchreibt die Sonne, welche in ihrer täglichen ſcheinbaren Bewegung den Aequator durchlief und ſich folglich dem Zenithe eines jeden Ortes bis auf eine der Breite deſſelben gleiche Größe näherte, jeden Tag einen Kreis an der Himmelskugel; der von dem Aequator um eine ihrer Declination gleiche Größe abſteht, und ihre Zenithdiſtanz am Mittage wird gleich der Breite des Ortes vermindert um die Declination der Sonne. Es wird alſo ein Tag kommen, wo die Sonne durch das Zenith eines gegebenen Ortes ſelbſt hindurchgeht, vorausgeſetzt, daß die Breite des letztern höchſtens gleich iſt der größten nördlichen Declination der Sonne, die im Sommerſolſtitium 23° 28′ beträgt. Eine ähnliche Schlußfolge läßt ſich auch auf die andere Halbkugel anwenden. Wenn man alſo auf der Erdkugel zwei dem Aequator parallele Kreiſe unter 23° 28′ ſowohl nördlicher als ſüdlicher Breite zieht, ſo ſchließen dieſe beiden Kreiſe alle Orte ein, an welchen man die Sonne zu gewiſſen Zeiten des Jahres im Zenith erblickt. Die beiden in Fig. 244 und 245 (Bd. 13. S. 128) gezogenen Parallelkreiſe heißen Wendekreiſe oder Tropici, und der zwiſchen ihnen eingeſchloſſene Gürtel wird die heiße oder tropiſche Zone genannt. Der nördliche Wendekreis iſt der des Krebſes, der ſüdliche der des Steinbocks. Dieſe Benennungen gründen ſich darauf, daß die Sonne durch das Zenith irgend eines auf dieſen beiden Kreiſen gelegenen Ortes geht, wenn

*) Das griechiſche Wort πολέω bezeichnet ich drehe.

ſie ins Zeichen des Krebſes oder des Steinbocks tritt, d. h. im Sommer- oder im Winterſolſtitium. Die Bezeichnung tropiſch kommt her vom griechiſchen Worte τρέπω (ich kehre um), weil die Sonne, nachdem ſie vom Aequator aus gegen Norden oder Süden vorgerückt iſt, um das Zenith der auf beiden genannten Kreiſen liegenden Orte zu erreichen, umkehrt, und ſich dem Aequator wieder nähert.

In allen Punkten der heißen Zone geht die Sonne zwei Mal im Jahre durch das Zenith; auf den beiden Wendekreiſen nur ein Mal, und alle außerhalb derſelben gelegenen Orte ſehen ſie niemals im Zenith.

Der zwiſchen dem Wendekreiſe des Krebſes und dem nördlichen Polarkreiſe liegende Erdgürtel heißt die nördliche gemäßigte Zone, und der zwiſchen dem Wendekreiſe des Steinbocks und dem ſüdlichen Polarkreiſe eingeſchloſſene die ſüdliche gemäßigte Zone.

Der Flächenraum beider kalten Zonen zuſammen beträgt 0,082 der Erdoberfläche; beide gemäßigten Zonen zuſammen machen 0,520 derſelben aus, während die von einem Wendekreiſe bis zum andern reichende heiße Zone den 0,398 Theil bildet.

Die Dauer des längſten Tages und folglich auch der längſten Nacht in den verſchiedenen Klimaten iſt in der folgenden Tabelle zuſammengeſtellt.

Breiten, welche die Grenzen der Klimate angeben.		Dauer des längſten Tages in jedem Klima.
0°	0′	12 Stunden.
16	44	13 „
30	48	14 „
41	24	15 „
49	2	16 „
54	31	17 „
58	27	18 „
61	19	19 „
63	23	20 „
64	50	21 „
65	48	22 „
66	21	23 „
66	32	24 „
67	23	1 Monat.
69	31	2 „

Breiten, welche die Grenzen der Klimate angeben.		Dauer des längsten Tages in jedem Klima.
73	40	3 Monat.
78	11	4 "
84	5	5 "
90	0	6 "

Ich schließe hieran noch eine Tabelle über die Dauer des längsten und kürzesten Tages unter den verschiedenen Breiten vom Erdäquator bis zu den Polarkreisen in beiden Halbkugeln:

Breiten.	Dauer des längsten Tages.	Dauer des kürzesten Tages.
0°	12 St. 0 M.	12 St. 0 M.
5	12 " 17 "	11 " 43 "
10	12 " 35 "	11 " 25 "
15	12 " 53 "	11 " 7 "
20	13 " 13 "	10 " 47 "
25	13 " 34 "	10 " 26 "
30	13 " 56 "	10 " 4 "
35	14 " 22 "	9 " 38 "
40	14 " 51 "	9 " 9 "
45	15 " 26 "	8 " 34 "
50	16 " 9 "	7 " 51 "
55	17 " 7 "	6 " 53 "
60	18 " 30 "	5 " 30 "
65	21 " 9 "	2 " 51 "
66°32′	24 " 0 "	0 " 0 "

In beiden Hemisphären ändert sich jenseit der Polarkreise die Dauer des Tages von 0 bis 24 Stunden in dem Theile des Jahres, wo die Sonne auf oder untergeht. Die Anzahl der Tage, während welcher die Sonne unter den verschiedenen Breiten von 66° 32′ bis 90° beständig oberhalb oder beständig unterhalb des Horizontes verweilt, findet sich in der folgenden Tabelle, in Bezug auf welche ich nur noch erinnere, daß die Erscheinungen in den beiden kalten Zonen gerade die entgegengesetzten sind:

Nördliche oder südliche Breite	Die Sonne geht in der nördlichen Halbkugel nicht unter, in der südlichen nicht auf, während ungefähr	Die Sonne geht in der südlichen Halbkugel nicht unter, in der nördlichen nicht auf, während ungefähr
66° 32′	1 Tag	1 Tag
70	65 "	60 "

Nördliche oder südliche Breite	Die Sonne geht in der nördlichen Halbkugel nicht unter, in der südlichen nicht auf, während ungefähr	Die Sonne geht in der südlichen Halbkugel nicht unter in der nördlichen nicht auf, während ungefähr
75	103 Tag	97 Tag
80	134 „	127 „
85	161 „	153 „
90	186 „	179 „

Ich muß hier aber bemerken, daß in der vorstehenden Theorie der Klimate überall angenommen worden ist, daß die Sonne auf ihren Mittelpunkt reducirt wäre, und daß außerdem auch die durch Refraction des Lichtes und der Wärme in der Erdatmosphäre erzeugten Phänomene der Morgen- und Abenddämmerung unbeachtet geblieben sind. Da der Sonnendurchmesser 32′ beträgt, so muß man die Breite, wo die Sonne gänzlich verschwinden würde, um 16′ weiter zurückverlegen. Da ferner die Refraction die Sonne am Horizonte um mehr als 33′ erhebt, so würde man noch um diese Größe die absoluten Polarkreise entfernen müssen. Endlich tritt nur dann vollständige Nacht ein, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht, (Bd. 13. S. 147); man würde also auch noch auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen haben, woraus erhellt, daß in den Polargegenden der Tag nur selten absolut aufhört und die vollständige Nacht von den Beobachtern daselbst fast nicht gekannt ist.

Wie bereits oben bemerkt, sind die Jahreszeiten in den beiden Halbkugeln einander entgegengesetzt; sie sind übrigens nichts weiter als die Zeiträume, welche die Erde gebraucht, um die zwischen den Aequinoctien und Solstitien gelegenen vier Abschnitte ihrer Bahn zu durchlaufen. Wegen der Excentricität der Erdbahn ist kraft des zweiten Keppler'schen Gesetzes (Bd. 12. S. 200) die Dauer der Jahreszeiten ungleich; die Zahlen dafür finden sich in der folgenden Tabelle, welche zeigt, wie es zugeht (was bereits oben S. 461 erwähnt), daß die Sonne jedes Jahr ungefähr acht Tage länger in der nördlichen als in der südlichen Halbkugel verweilt.

Herbst	89 T.	18 St.	35 M.
Winter	89 „	0 „	2 „
Verweilen der Sonne in der südlichen Halbkugel	178 „	18 „	37 „

Frühling	92 T. 20 St. 59 M.
Sommer	93 " 14 " 13 "
Verweilen der Sonne in der nördlichen Halbkugel	186 " 11 " 12 "

Der Einfluß der Ungleichheit in der Tageslänge und der Zenithdistanz der Sonne tritt in nachstehender Tabelle hervor, in welcher die die Temperaturen von Paris mit denen von Paramaribo, eines nicht weit von Cayenne auf den Küsten Guyanas in der Nähe des Aequators gelegenen Ortes verglichen sind:

	Paris (48° 50′ n. Br.).			Paramaribo (5° 45′ n. Br.).		
Jahreszeiten	Mittlere Tageslänge	Mittlere Zenithdistanz der Sonne	Mittlere Temperatur der Jahreszeit	Mittlere Tageslänge	Mittlere Zenithdistanz der Sonne	Mittlere Temperatur der Jahreszeit
Winter	9 St. 45 M.	63° 15′	3°2	12 St.	20° 15′	25°9
Frühling	14 " 30 "	33 45	10, 3	12 "	9 15	25, 3
Sommer	14 " 30 "	33 45	18, 3	12 "	9 15	26, 9
Herbst	9 " 45 "	63 15	11, 1	12 "	20 15	28, 2
Mittlere Temperatur des Jahres			10, 7			26, 5

In den gemäßigten Klimaten verliert die Erde im Herbst die Wärme, welche sie im Sommer gewonnen hat, und erreicht das Maximum der Kälte im Winter. In der heißen Zone weichen die mittleren Temperaturen der Jahreszeiten, wie man sieht, wenig von einander ab; das Maximum tritt ein im Herbst, das Minimum im Frühling.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Isothermen. — Nothwendigkeit, beim Entwerfen dieser Linien auf die Höhe der Beobachtungsstationen Rücksicht zu nehmen. — Schneegrenze.

Die in den früheren Kapiteln angeführten Resultate über die Unterschiede in den Temperaturen von Orten, die unter derselben Breite liegen, sind seit langer Zeit bekannt; man findet sie in Bezug auf Amerika bis zum 10. Grade in einer Abhandlung Holyoke's, die im

Jahre 1793 in den Abhandlungen der amerikaniſchen Akademie gedruckt iſt; allgemein bekannt indeß ſind ſie erſt ſeit der Zeit geworden, wo mein berühmter Freund A. v. Humboldt auf die Idee kam, dieſelben, nachdem er ſie durch ſeine eigenen Unterſuchungen vervollſtändigt hatte, graphiſch darzuſtellen[7]). Jeder weiß jetzt, daß wenn man

Nordpol.

Südpol.

Fig. 349. — Iſothermen der alten Welt nach Arago.

auf einer geographiſchen Karte durch Linien diejenigen Orte verbindet, welche dieſelben mittleren Temperaturen beſitzen, dieſe von A. von Humboldt mit Recht Iſothermen genannten Linien durchaus nicht mit dem Aequator parallel laufen oder in allen ihren Punkten gleichen

Breiten entsprechen; besonders stark sind die Abweichungen in unsern Klimaten. Aus der Figur 349 und 350 ersieht man, daß z. B. die Isothermen von 10°, welche in der Nähe der Westküste Europas durch 52° Breite geht, an der Westküste Amerikas bis zu 44° Breite und an der Ostküste desselben bis zu 40° herabsinkt, und die Ostküste des

Nordpol.

Südpol.

Fig. 350. — Isothermen der neuen Welt nach Arago.

alten Continentes unter 43° schneidet. Alle in der angegebenen Weise von A. von Humboldt gezogenen Isothermen wenden ihren convexen Scheitel der Westküste Europas zu und sinken zu beiden Seiten dieser Scheitel in dem Maaße herab, als man sich Amerika und Asien nähert.

Der bloße Anblick der Figuren 349, 350, 351 und 352, welche die Isothermen darstellen, lehrt, daß diese Linien zwischen den Wendekreisen sich nicht bedeutend von den Parallelkreisen der Erdkugel entfernen, daß sie aber auf der nördlichen Halbkugel um so mehr davon abweichen, je niedrigeren Temperaturen sie entsprechen [8]).

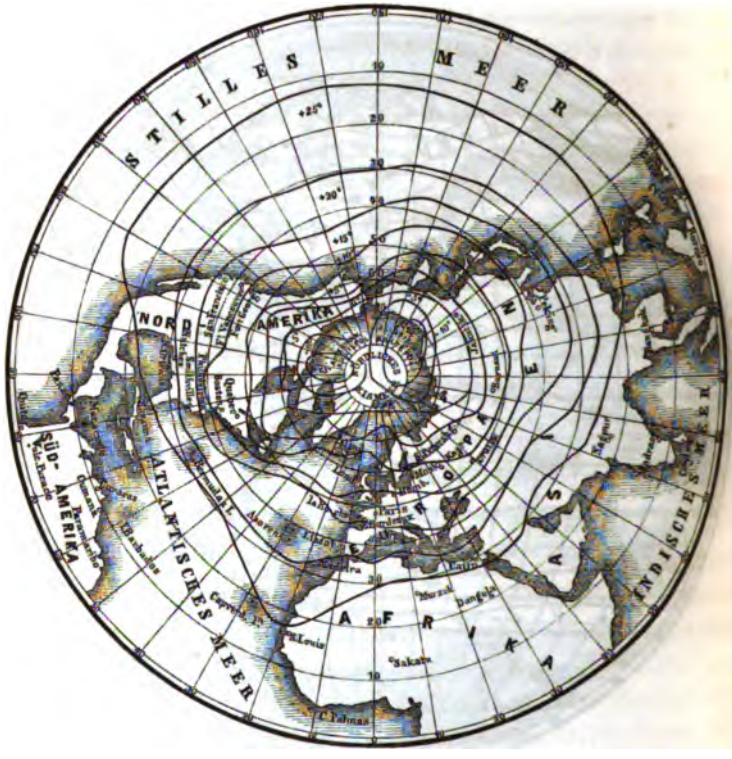


Fig. 351. — Isothermen der nördlichen Halbkugel in stereographischer Projection.

Bemerken will ich, daß man beim Entwerfen dieser Linien nur solche in den verschiedenen Klimaten gemachte Thermometerbeobachtungen mit einander vergleichen darf, die in geringer Höhe über dem Meeresniveau angestellt sind; denn je höher man in der Atmosphäre,

ſei es in Luftballons oder auf dem Kamme der Gebirge ſteigt, deſto mehr ſinkt die Temperatur.

Es wird nöthig ſein, einige Worte über die Urſachen dieſer Temperaturabnahme zu ſagen, da man nicht immer ganz richtige Vorſtellungen davon gehabt hat.

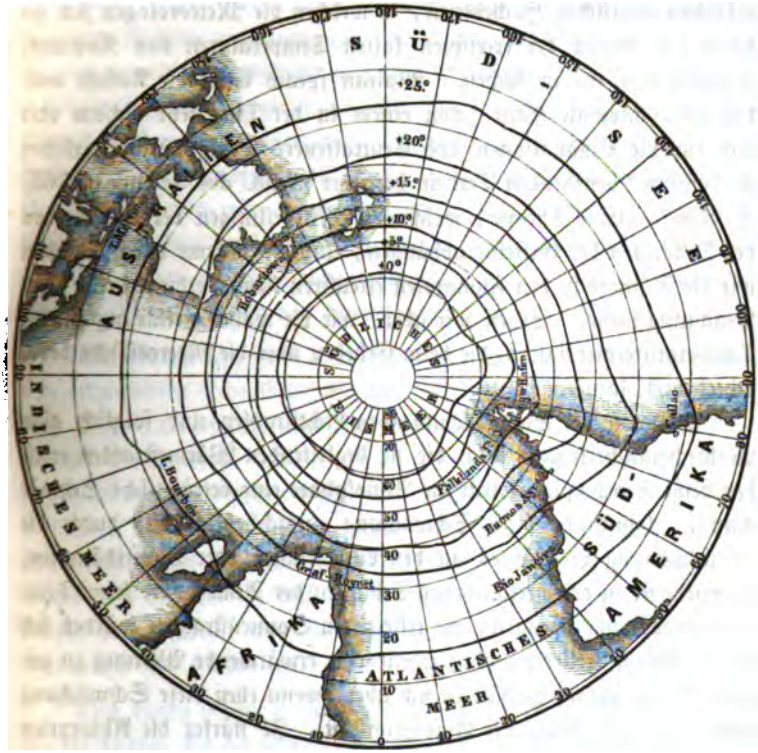


Fig. 352. — Iſothermen der ſüdlichen Halbkugel in ſtereographiſcher Projection.

Die Reiſenden bemerkten bald, daß die Strenge der Winter raſch ſtieg, je weiter man in Europa auf demſelben Parallelkreiſe von Weſten nach Oſten vorſchritt. Man ſuchte dieſe Erſcheinung in folgender Weiſe zu erklären: der Boden ſollte ſich allmälich in der Richtung

von West nach Ost erheben und Moskau, Kasan u. s. w. bereits auf sehr hohen ausgedehnten Plateaux liegen; die Temperaturen dieser Städte würden also streng genommen nicht mit den Temperaturen von Orten unter gleicher Breite, welche dem Meeresniveau näher lägen, verglichen werden dürfen.

Die Beobachtungen des Abbé Chappe beseitigten zuerst die angeblichen asiatischen Hochebenen, in welchen die Meteorologen sich gefielen den Grund der excessiven kalten Temperaturen von Rußland, Sibirien u. s. w. zu suchen. Mairan sprach dann die Ansicht aus, daß diese anomale Kälte „von einem in der Tiefe sehr dichten oder aus für die Emanationen des Centralfeuers wenig durchdringlichen Felsmassen" bestehenden Terrain herrühre (Acad. des Sciences 1765, S. 256). Eine Theorie, welche die Mittheilungen der Wärme von der Dichtigkeit der Gesteine abhängen, und die Wärme durch Spalten wie die Dämpfe in den Fumarolen circuliren ließ, verdient heute keine Beachtung mehr. Sehen wir aber, wie die wahre Erklärung für die Temperaturerniedrigung, die beim Erheben über die Meeresfläche beobachtet wird, lautet.

Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen und folglich aller Wahrscheinlichkeit nach auch die sie begleitenden Wärmestrahlen erleiden beim Durchgange durch die Atmosphäre eine beträchtliche Schwächung. Entstünde diese Schwächung ausschließlich nur durch die Zurückwerfung des Lichtes an den Lufttheilchen oder Wasserdämpfen, so würde sie in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre keine Temperaturerhöhung erzeugen; die reflectirten Sonnenstrahlen würden sich in den Raum verlieren, ohne irgend eine erwärmende Wirkung zu zeigen. Ganz anders verhält es sich aber, wenn eben diese Schwächung zum Theil eine Folge der Absorption ist. Je stärker die Absorption ist, um so beträchtlicher ist die von dieser Ursache abhängende Temperaturerhöhung. Nun ist die Luft in großer Höhe viel durchsichtiger als in der Nähe des Bodens. Die dem letztern benachbarten atmosphärischen Schichten müssen also schon aus dieser einzigen jetzt in Rede stehenden Ursache heißer sein als die in bedeutender Höhe liegenden Schichten. Ein anderer noch sicherer und wirksamerer Grund der Temperaturabnahme mit der Erhebung ist bereits in den zu Anfang

dieſes Buches zuſammengeſtellten allgemeinen Betrachtungen (S. 445) angegeben worden: die durch ihre Berührung mit dem Boden erhitzten atmoſphäriſchen Schichten ſtreben aufwärts zu ſteigen, und dehnen ſich beim Aufſteigen aus; die Luft kann aber in dieſem neuen verdünnten Zuſtande nicht beſtehen, ohne die ganze ihr nöthige Wärme entweder den Körpern, mit denen ſie bei ihrer aufſteigenden Bewegung in Berührung kommt, oder ihrer eigenen freien mit dem Thermometer meßbaren Wärme zu entnehmen. Die im Beginn ihrer aufſteigenden Bewegung erhitzte Luftſchicht wird folglich immer kälter und kälter, in je höhere Regionen ſie gelangt. Allerdings ſollten während der abſteigenden Bewegung einer obern erkalteten Luftſchicht die umgekehrten Erſcheinungen eintreten. Iſt es aber ausgemacht, daß die abſteigende Bewegung ebenſo wie die aufſteigende erfolgt, welche letztere ihren Urſprung in einer beträchtlichen Temperaturerhöhung nimmt, die durch den Contact der atmoſphäriſchen Schichten mit dem ſehr ſtark erhitzten Boden entſteht? Man darf daran zweifeln.

Wir wollen jetzt ſehen, was auf den in bedeutender Höhe über dem allgemeinen Niveau des Bodens gelegenen Hochebenen geſchehen muß. Ihre Oberfläche wird oft von horizontalen Winden beſtrichen, die aus den freien in gleicher Höhe gelegenen und folglich ſehr kalten Regionen der Atmoſphäre kommen. Was die tiefern Winde betrifft, ſo können dieſelben, wenn ſie ſtark ſind, infolge der erlangten Geſchwindigkeit faſt zum Niveau der Hochebenen längs der Abhänge, welche dieſe Hochebenen mit dem flachen Lande verbinden, aufſteigen, langen aber daſelbſt, weil ihr Aufſteigen mit einer Verdünnung verbunden iſt, ſehr erkaltet an.

Aus dieſen Gründen müſſen die Plateaux eine niedrigere Temperatur beſitzen als die in denſelben Klimaten, aber in einer geringeren Höhe über dem Niveau des Meeres gelegenen Ebenen. Man ſieht alſo, weshalb die Temperaturen der Plateaux, wenigſtens ohne Modificationen, zur Conſtruction der Iſothermen nicht verwendet werden können.

Die Beobachtung lehrt, daß in der heißen Zone und in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel die Correction, welche durch

die Erhebung der Orte über die Meeresfläche nöthig wird, nicht denselben Werth beſitzt.

In der heißen Zone hat man folgende Zahlen erhalten:

Ort.	Breite.	Höhe über dem Meeresſpiegel in Metern.	Mittlere Jahrestemperatur.
Cumana	10° 28′ nördl.	0	27° 1
Caracas	10 31 „	930	21,9
Popayan	2 26 „	1809	17,5
Quito	0 14 ſüdl.	2918	15,2
Meierei auf dem Antiſana	0 14 „	4072	3,4
Gletſcher des Antiſana	0 14 „	5460	—1,7

Eine Abnahme der Temperatur um 1° entſpricht einer Erhebung von 194 Meter.

In der gemäßigten Zone ſind die Reſultate folgende:

Ort.	Breite.	Höhe über dem Meeresſpiegel in Metern.	Mittlere Jahrestemperatur.
Bordeaux	44° 50′ nördl.	0	13° 1
Genf	46 12 „	375	9,0
St. Gotthard	46 33 „	2075	—0,8
St. Bernhard	44 50 „	2491	—1,3

Eine Abnahme der Temperatur um 1° entſpricht einer Erhebung von 173 Metern.

In einer gewiſſen Höhe über dem mittlern Meeresniveau herrſcht eine Temperatur, die niemals merklich und auf längere Zeit über 0° ſteigt; der Schnee hört dort auf zu ſchmelzen; unterhalb verſchwindet er bisweilen während des Sommers, oberhalb liegt er beſtändig. Die bezeichnete Region bildet die ſogenannte Schneegrenze. Nach den Beobachtungen meiner Freunde Bouſſingault, A. v. Humboldt und Pentland liegt dieſelbe in den verſchiedenen Klimaten in folgenden Höhen:

Namen der Gebirge.	Breite.	Höhe in Metern.	
Anden von Quito	1° 30′ ſüdl.	4820	Schneegrenze in der ſüdlichen Halbkugel.
Anden von Chili	33 0	4483	
Anden von Patagonien	42 30	1832	
Magelhaniſche Anden	53 30	1130	

Namen der Gebirge.	Breite.	Höhe in Metern.	
Vulkan von Purace	2° 15′ nördl.	4700	
Mexikanische Cordilleren	17 30	4500	Schneegrenze in der nördlichen Halbkugel.
Himalaya	30 0	5067	
Pyrenäen	42 30	2728	
Alpen	46 0	2700	
Unalaschka	53 40	1070	
Island	65 0	936	

Zu Paris haben die im Luftballon gemachten Beobachtungen folgende Resultate geliefert:

Auf Gay-Lussac's-Luftfahrt am 16. September 1804 zeigte das Thermometer am Boden 27°,5, und in 7016 Meter Höhe —9°,5; Differenz 37°,0.

Auf der Luftfahrt von Barral und Birio am 27. Juli 1850 war die Temperatur an der Erdoberfläche 17°,6, und in 7049 Meter Höhe —39°,7; Differenz 57°,3.

Die Vegetation geht in den verschiedenen Klimaten bis nahe zu den Höhen hinauf, wo der ewige Schnee beginnt. Am Chimborazo sah Bousfingault in 4800 Meter Höhe, wo die mittlere Temperatur noch 1°,5 betrug, Sarifragen auf dem Gesteine sitzen. In Europa, auf den hohen Gipfeln der schweizer Alpen, geschieht es kaum, daß einzelne sparsame Flechten in einer Höhe von 2700 Meter die von Schnee befreiten Felsen färben.

Pentland hat gefunden, daß die untere Grenze des ewigen Schnees auf den Abhängen der östlichen Cordilleren von Hoch-Peru sehr selten unter 5200 Meter herabsteigt, während sie in den Anden von Quito, obschon letztere dem Aequator viel näher sind, nur 4800 beträgt, wie die obige Tabelle angibt.

Beim Uebergange des Passes der Altos von Toledo im Monat October fand Pentland, daß auf dem Inchocajo, welcher zur westlichen Cordillere gehört, die untere Grenze des Schnees 400 Meter oberhalb des Passes oder 5130 Meter über dem Meere lag.

Der nördliche Abfall des Himalaya hatte schon eine ähnliche Abweichung und zwar aus ganz gleichem Grunde gezeigt; dieselbe erklärt sich nämlich durch den Einfluß, welchen große Hochebenen nothwendig auf das Gesetz der Temperaturabnahme in der Atmosphäre

ausüben müſſen. Es iſt einleuchtend, daß wenn dies Geſetz in freier Atmoſphäre mittelſt Luftfahrten gefunden worden wäre, die erhaltenen Zahlen angenähert die Temperaturen der verſchiedenen Zonen eines Berges liefern würden, wofern dieſer Berg iſolirt auf einer kleinen im Niveau des Meeres gelegenen Grundfläche ſehr ſteil emporſtiege. Dies dürfte aber durchaus nicht mehr der Fall ſein, wenn der Berg auf einer weiten ſchon in faſt gleicher Höhe gelegenen Hochebene ſtände; die Temperatur würde im letztern Falle merklich höher ausfallen als im erſtern. Durch den Einfluß der Hochebene, auf welcher die beiden peruaniſchen Cordilleren ruhen, erklärt ſich auch, wie das organiſche Leben daſelbſt in ſo bedeutender Höhe ſich erhält. In den mexikaniſchen Anden zwiſchen 18 und 19° nördl. Br. verſchwindet jede Vegetation in der Höhe von 4290 Meter, während in Peru, auf der Fortſetzung derſelben Gebirgskette, in größeren Höhen nicht nur eine zahlreiche ackerbauende Bevölkerung, ſondern ſelbſt noch Dörfer und große Städte gefunden werden. Gegenwärtig bewohnt ein Drittheil der Bevölkerung der bergigen Gegenden Perus und Bolivias Regionen, die viel höher liegen als diejenigen, wo unter gleicher Breite in der nördlichen Halbkugel jede Vegetation aufhört.

Dreiundzwanzigſtes Kapitel.

Können die Arbeiten der Menſchen das Klima eines gegebenen Orts abändern?

Man weiß, daß der Schnee ſich längere Zeit im Innern der Wälder erhält, und kann auch leicht den Grund dieſer Thatſache angeben: in der Nähe der Wälder vermögen die erwärmten Luftſchichten nicht ſo ſchnell zu der Schneeſchicht zu gelangen, und die Sonnenſtrahlen dieſelben nicht ſo raſch zu ſchmelzen; die winterliche Temperatur muß deshalb dort länger dauern als im freien Felde. Schlagen die Menſchen die Wälder nieder, ſo ändern ſie bis auf einen gewiſſen Punkt das Klima der umliegenden Gegenden. Beſonders charakteriſirt aber die Abweſenheit großer Waldungen die Fortpflanzung der Winde; die Wälder wirken als Schutz; ihre Ausrottung öffnet den thermiſchen

Einflüſſen der heißen und kalten Winde einen freien Lauf, welche dann die Temperatur in der Nachbarſchaft der Orte, wo ſie wehten, modificiren werden.

Vierundzwanzigſtes Kapitel.

Sind die Klimate durch neuere Erdrevolutionen umgekehrt worden?

Alle Gegenden Europas enthalten theils in den Höhlen von Gebirgen, theils in mäßiger Tiefe in Schichten von beſtimmter Beſchaffenheit verſteinerte Knochen von Rhinoceroten, Elephanten u. ſ. w., alſo von Thiergattungen, die in ihren jetzt lebenden Arten die Kälte unſerer Klimate nicht mehr ertragen könnten. Man muß alſo annehmen, entweder daß Europa im Laufe der Jahrhunderte bedeutend kälter geworden, oder daß bei einer der heftigen Waſſerfluten, deren Schauplatz unſere Erde geweſen iſt, von Süden nach Norden gerichtete Ströme die Ueberreſte zahlreicher jetzt nicht mehr vorhandener Arten von Thieren mit ſich fortgeführt haben.

Merkwürdige Thatſachen haben aber gezeigt, daß dieſe letzte Erklärung, wenn ſie genügen ſoll, modificirt werden muß; erſtens nämlich die Auffindung eines ſo vollkommen erhaltenen Rhinoceros, daß es noch mit Fleiſch und Fell bedeckt war, im Jahre 1771 in geringer Tiefe an den ſandigen Ufern des Wilhui in Sibirien, und zweitens die etwas ſpäter im Jahre 1799 an den Ufern des Eismeeres in der Nähe der Lenamündung gemachte noch merkwürdigere Entdeckung eines rieſigen Elephanten, der in eine gefrorne Schlammaſſe eingeſchloſſen war, und deſſen Fleiſch ſich ſo wenig verändert zeigte, daß die anwohnenden Jakuten es zerlegten, um ihre Hunde damit zu füttern. In dieſen Fällen würde der Gedanke an einen Strom, an ein Fortführen, an einen weiten Transport von Süden nach Norden nicht mehr zuläſſig erſcheinen; denn wenn die beiden erwähnten großen Thiere nicht bald nach dem Tode eingefroren wären, ſo würde die Fäulniß ihr Fleiſch zerſetzt haben. Man kommt alſo zu der Annahme, einerſeits daß Sibirien ehemals ein warmes Land ſein mußte, weil Elephanten und Rhinoceroten dort lebten, und andererſeits, daß die Kataſtrophe, welche

dieſen Thieren den Tod brachte, jene Gegend plötzlich in Eis verwandelte.

Bei dem jetzigen Zuſtande unſerer Kenntniſſe ſieht man anfangs nur eine einzige Urſache, welche den Temperaturzuſtand einer Gegend faſt plötzlich in entſchiedener Weiſe zu ändern vermag; es iſt dies eine plötzliche Aenderung der Breite. Jeder andere Umſtand ſcheint nur unbedeutende Modificationen hervorrufen zu können.

Wenn dicker Reif Spitzbergen ſechs Monate lang bedeckt, ſo liegt der Grund allein in der Nähe des einen Poles der Erde. Könnte man den Pol um 90° auf der Oberfläche der Erde verrücken, ſo würde dieſe Inſelgruppe ſich unter dem Aequator befinden, und ihre dürren Thäler, dann durch die Sonnenwärme befruchtet, die reichſte Vegetation erzeugen. Denken wir uns, es träfe die Umdrehungsaxe der Erde die Oberfläche in irgend einem Punkte von Peru oder Braſilien, ohne daß die Neigung des Aequators gegen die Ekliptik ſich änderte, ſo würden bald Eisberge in den Häfen von Callao und Rio de Janeiro ſchwimmen. Die Tauſende von Pflanzen, welche gegenwärtig den Reichthum und den Schmuck jener Gegenden bilden, würden unter dieſen Schneemaſſen ſterben und durch einige Flechten erſetzt werden. Ich glaube, man darf unbedenklich annehmen, daß es, wenn die eine oder andere Tropengegend plötzlich zum Pole der Erde gemacht würde, von an der Oberfläche in weniger als 24 Stunden frieren würde.

Das Problem, welches der ſibiriſche Elephant veranlaßt hat, kommt alſo ſchließlich darauf zurück, zu unterſuchen, ob die Richtung der Umdrehungsaxe unſerer Erde plötzlich verändert worden ſein kann.

Eine ſolche Aenderung, beſonders wenn ſie plötzlich eingetreten ſein muß, würde aber durch die Kräfte, deren Einwirkungen unſere Erde täglich unterworfen iſt, nicht erzeugt werden können; wenn dagegen irgend ein großer fremder Körper heftig gegen die Erde ſtieße, ſo würde eine merkliche Verrückung ihrer Umdrehungsaxe die faſt nothwendige Folge davon ſein. Ich ſage faſt, weil es Richtungen gibt, in welchen der Stoß, möchte er übrigens noch ſo ſtark ſein, doch jene Axe in ihrer urſprünglichen Lage laſſen würde.

Augenſcheinlich ſind die Kometen die einzigen Körper, mit welchen unſere Erde jemals zuſammentreffen könnte. Der Elephant der Lena,

des Rhinoceros des Wilhui ſchienen alſo trotz alles Befremdlichen, was man in dieſer Zuſammenſtellung finden mag, zu beweiſen, daß im Laufe der Jahrhunderte ein ſolches Zuſammentreffen vorgekommen. Dieſer Beweis mußte denjenigen einwurfsfrei erſcheinen, die als ausgemacht annahmen, daß die Elephanten in dem jetzigen Klima Sibiriens nicht haben leben können; indeß dürften ſich in dieſer Hinſicht einige Zweifel erheben, über welche der Leſer ſelbſt urtheilen möge.

In Bezug auf Geſtalt und Größe hatte der Elephant des Eismeeres die größte Aehnlichkeit mit den gegenwärtig in Afrika und Aſien lebenden Arten dieſer Thiere. Die Stoßzähne deſſelben waren länger als drei Meter; der Kopf wog mehr als 400 Pfund u. ſ. w.; die Haut zeichnete ſich aber durch einen ganz beſondern, bemerkenswerthen Umſtand aus: ſie war mit einem ſchwarzen Grannenhaar und einem röthlichen Wollhaar bekleidet. Die Eisbären hatten beim Verzehren des Fleiſches mehr als 30 Pfund Woll- und Grannenhaar mit ihren Füßen in den feuchten Boden eingetreten, woraus ſie Adams wieder hervorzog. Der Hals war mit einer langen Mähne verſehen.

Dieſes doppelte Haarkleid des ſibiriſchen Elephanten, die $2^1/_2$ bis 3 Zoll langen ſteifen Haare, welche die Haut des Rhinoceros vom Wilhui bedeckten, waren der Strenge des ſibiriſchen Klimas angemeſſen, ſo daß es zum wenigſten erlaubt iſt zu fragen, ob dieſe Thiere nicht würden niedrige Temperaturen haben aushalten können, welche die jetzt lebenden verwandten Arten ohne ſolche Bedeckungen nicht zu ertragen vermöchten. Uebrigens hat mein berühmter Freund A. von Humboldt auf ſeiner Reiſe nach Aſien eine äußerſt wichtige Thatſache geſammelt, die ſich an unſeren Gegenſtand anſchließt und neues Licht auf denſelben werfen zu können ſcheint. Er hat nachgewieſen, daß der Königstiger aus Oſtindien, den man gewohnt iſt einen Bewohner der heißen Zone zu nennen, noch jetzt in Aſien bis in ſehr hohe Breiten hinaufgeht, daß er z. B. im Sommer Streifzüge bis an den weſtlichen Abfall des Altai in die Nähe von Barnaul macht, wo mehrere dieſer Thiere von außerordentlicher Größe erlegt worden ſind. Alles läßt alſo glauben, daß Elephanten mit dickem Haarkleide ehemals während des Sommers bis nach Sibirien vorzudringen vermochten. Dann reichte aber ein durchaus nicht ungewöhnlicher Zufall, z. B.

ſelbſt ein bloßer Erdfall hin, um ihre Cadaver in die gefrornen, jede Fäulniß verhindernden Bodenſchichten zu begraben; denn aus A. von Humboldt's Beobachtungen ergibt ſich, daß in den jenſeits des 62. Grades gelegenen Steppen die Erde in einer Tiefe von 4 bis 5 Meter ſtets gefroren bleibt.

Es iſt alſo gezeigt, daß man das Vorkommen der foſſilen Elephanten in Sibirien erklären kann, ohne die Annahme einer plötzlichen Aenderung des Klimas in dieſer Gegend nöthig zu haben. Wenn man deſſen ungeachtet bei der Anſicht, ein ſolcher Vorgang ſei infolge des Stoßes eines Kometen eingetreten, verharren wollte, ſo würde ich daran erinnern, wie früher (Bd. 13, S. 266) nachgewieſen iſt, daß wegen der großen flüſſigen Anſchwellung unter dem Aequator die Vorausſetzung, Sibirien habe jemals in der Nähe der Aequinoctialgegenden gelegen, ohne gleichzeitig die Annahme zu machen, daß ſeine Gebirge ſich im Grunde des Meeres unter einer mehr als 2½ Meilen dicken Flüſſigkeitsſchicht befunden hätten, eine durchaus unmögliche iſt. Es gäbe dann folglich unter dieſen Breiten weder Platz für Elephanten noch für Rhinoceroten. Vor dem Kometenſtoße wäre das ſibiriſche Meer wärmer als gegenwärtig geweſen; damit aber dürfte die Löſung des Problems, ſtatt vereinfacht, nur ſchwieriger geworden ſein.

Elie de Beaumont hat das Geheimniß gefunden, noch etwas Neues über die Angelegenheit der ſibiriſchen Elephanten, die Jeder für erſchöpft hielt, zu ſagen. Dieſer berühmte Geolog würde das Problem in folgender Weiſe löſen:

Die Entfernung des Thian-Chan von der Mündung der Lena beträgt 400 bis 500 Meilen. Bei einer Geſchwindigkeit von 50 Meilen in 24 Stunden würde ein Waſſerſtrom dieſe Entfernung in ungefähr 8 Tagen zurücklegen. Nehmen wir nun an, daß der Thian-Chan ſich im Winter in einem Lande erhoben habe, deſſen Thäler Elephanten ernährten und deſſen Gebirge mit Schnee bedeckt waren. Die aus dem Innern der Erde im Momente der Kataſtrophe hervorgebrochenen heißen Dämpfe werden zum Theil dieſen Schnee geſchmolzen und eine große Waſſermaſſe von 0° Temperatur erzeugt haben. Das Waſſer wird ſich mit dem Reſte der noch nicht geſchmolzenen Eis-

und Schneemaſſen gegen das Meer hin geſtürzt und die in den Thälern angetroffenen Thierkörper mit ſich fortgeriſſen haben. In acht Tagen aber werden die in Waſſer von 0° ſchwimmenden Cadaver nur ſehr wenig von der Fäulniß ergriffen werden; einmal angelangt würde das jetzige ſibiriſche Klima hinreichen, ihre Erhaltung zu erklären.

Fünfundzwanzigſtes Kapitel.

Können die Kometen merklich den Gang der Jahreszeiten abändern?

Ohne Zweifel hat die Ueberſchrift dieſes Kapitels ſchon an den ſchönen Kometen von 1811, an die hohe Temperatur dieſes Jahres, an die infolge derſelben reichliche Erndte und beſonders an die ausgezeichneten Eigenſchaften des ſogenannten Kometenweines erinnert. Ich weiß alſo wohl, daß ich viele vorgefaßte Meinungen zu bekämpfen haben werde, wenn ich beweiſen will, daß weder der Komet von 1811 noch irgend ein anderer bekannter jemals die kleinſte Aenderung im Gange unſerer Jahreszeiten hervorgerufen hat*). Dieſe Anſicht gründet ſich übrigens auf eine genaue Prüfung, auf eine ſorgfältige Discuſſion aller Elemente des Problems, während die entgegengeſetzte Annahme, ſo verbreitet ſie auch ſein mag, nur aus unbeſtimmten Eindrücken ohne reellen Grund hervorgegangen iſt. Ich werde zunächſt mich zu einer Discuſſion der Thatſachen wenden, und darauf die theoretiſchen Betrachtungen folgen laſſen. Die Kometen, ſagt man,

*) Nachſtehende aus einer geſchätzten engliſchen Zeitſchrift, the Gentleman's Magazine für 1818, entlehnte Stelle wird übrigens zeigen, von welchen abgeſchmackten Vorurtheilen die Menſchen bald befangen ſein würden, wenn das Licht der Wiſſenſchaften verlöſchte. Es heißt daſelbſt: „Durch den Einfluß des Kometen von 1811 hatte man einen milden Winter, ein feuchtes Frühjahr, einen kalten Sommer. Die Sonne zeigte ſich zu wenig, um die Erzeugniſſe der Erde zur Reife bringen zu können. Indeß gab die Erndte ziemlich viel Korn; und einige Arten Früchte, wie Melonen und Feigen, waren nicht nur reichlich vorhanden, ſondern auch wohlſchmeckend. Man ſah ſehr wenige Weſpen; die Fliegen wurden blind und verſchwanden bald . . ., und, was ſehr merkwürdig, in der Metropole und ihrer Umgegend wurden viel Zwillinge geboren. Die Frau eines Schuhmachers zu Whitechapel kam ſogar mit Vierlingen nieder! u. ſ. w.“

erwärmen die Erde durch ihre Gegenwart. Nun, Nichts ist leichter zu prüfen: wird nicht das Thermometer auf allen europäischen Observatorien mehrere Male täglich beobachtet? wird nicht ein genaues Verzeichniß aller erscheinenden Kometen gehalten? Sehen wir also nach, ob für Paris die mittleren Temperaturen der kometenreichen Jahre regelmäßig die mittleren Temperaturen der in geringerer Anzahl vorliegenden Jahre, in welchen keines dieser Gestirne sich der Erde genähert hat, übertreffen.

In der folgenden Zusammenstellung sind die Kometen so eingetragen, daß jeder als zu dem Jahre gehörig betrachtet worden ist, in welches sein Durchgang durch das Perihel fällt.

Die Temperaturbeobachtungen in den Jahren 1735 bis 1740 sind zu Paris von Réaumur gemacht worden.

Die Beobachtungen von 1763 bis 1785 rühren von Messier her.

Die partiellen Resultate, aus denen die jährlichen Mittel hergeleitet sind, gehören zu Tagesstunden, gegen deren Wahl sich allerdings sehr gegründete Einwände erheben lassen; indeß für die vorliegende Frage würden dieselben ohne Bedeutung sein, und schließlich blieb mir keine Wahl übrig.

Die Beobachtungen von 1787 bis 1802 einschließlich sind den londoner Philosophical Transactions entnommen. In diesem Zeitraume zeigen die pariser meteorologischen Tagebücher so vielfache Lücken, daß sie nicht benutzt werden konnten. Von 1802 bis 1853 sind die Beobachtungen in Paris regelmäßig geworden und besitzen alle wünschenswerthe Genauigkeit.

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1735	11°2	0	
1736	10,9	0	
1737	10,7	2	Der eine mit bloßen Augen sichtbare hatte einen Kern, der fast wie ein Stern zweiter Größe glänzte, und einen Schweif von 2 bis 3° Länge.
1738	10,6	0	
1739	10,0	1	Der Komet dieses Jahres gehört zu denen, welche der Erdbahn sehr nahe kommen können.

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1740	7°3	0	
1741 bis 1762	—	14	In diesem Zeitraume gibt es keine zusammenhängenden meteorologischen Beobachtungen, aus denen die mittleren Jahrestemperaturen hergeleitet werden könnten. Unter den 14 beobachteten Kometen befindet sich der Halley'sche vom Jahre 1759 und drei andere mit bloßen Augen sichtbare: einer im Jahre 1744 und zwei im Jahre 1748.
1763	10,3	1	Kleiner mit bloßen Augen nicht sichtbarer Komet, der sehr nahe an der Erde vorüberging.
1764	12,2	1	Sehr glänzend am 3. Januar; der Kern ungewöhnlich hell; die Nebelhülle besaß 14′ Durchmesser.
1765	10,0	0	
1766	8,7	2	Der eine von den beiden Kometen war mit bloßen Augen sichtbar und sehr glänzend.
1767	8,7	0	
1768	10,1	0	
1769	11,2	1	Sehr glänzend; der Kern maß bis 4′ und der Schweif 97°.
1770	11,6	2	Der eine mit bloßen Augen sichtbare hatte am 10. Januar 1771 eine Nebelhülle von 18′ und einen Kern von 49″. — Der andere (der Lexell'sche) ist unter allen Kometen der Erde am nächsten gekommen. Messier fand am 2. Juli seine Nebelhülle von 2° 23′ Durchmesser. Der Kern war glänzend, aber schlecht begrenzt.
1771	9,0	1	Mit bloßen Augen sichtbar.
1772	11,2	1	Der periodische Komet von $6^3/_4$ Jahren Umlaufszeit.
1773	13,1	1	Man glaubte ihn mit bloßen Augen wahrzunehmen.
1774	13,1	1	Kaum sichtbar mit bloßen Augen.
1775	13,1	0	
1776	10,7	0	

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1777	11°1	0	
1778	11,6	0	
1779	12,4	1	Mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1780	11,6	2	Alle beide sehr klein und mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1781	14,2	2	Kleine Kometen; indeß war der eine derselben mit bloßen Augen sichtbar.
1782	10,6	0	
1783	13,0	1	Sehr klein, mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1784	10,4	1	Mit bloßen Augen sichtbar.
1785	10,5	2	Keiner von beiden ohne Fernrohr sichtbar.
1786	—	2	Der eine war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1787	10,5	1	
1788	10,3	2	Der eine mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1789	9,7	0	
1790	10,5	3	Zwei sehr schwache; der dritte war, wenn auch ziemlich schwierig, mit bloßen Augen zu sehen.
1791	10,4	0	
1792	10,2	2	Der eine mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1793	10,4	2	Der eine schwach, aber doch mit bloßen Augen sichtbar.
1794	10,7	0	
1795	9,8	1	Der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1796	10,0	1	
1797	9,6	1	
1798	10,5	2	
1799	8,8	2	Der eine derselben sehr groß.
1800	10,2	0	
1801	10,7	1	
1802	10,0	1	
1803	10,6	0	
1804	11,1	1	
1805	9,7	2	Der eine war der Komet von kurzer Umlaufszeit, der andere der von 6¼ Jahren.

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1806	12°1	1	
1807	10,8	1	Auffallend durch die Stärke des Lichtes, durch die Größe des Kernes und die Länge des Schweifes.
1808	10,4	4	Kleine Kometen: nur zwei sind berechnet worden.
1809	10,6	0	
1810	10,6	1	
1811	12,0	2	Der eine gehört zu den glänzendsten Kometen, die sich im 19. Jahrhundert gezeigt haben.
1812	9,9	1	Der Komet von 1811 war im Juli 1812 wieder gesehen worden.
1813	10,2	2	
1814	9,8	0	
1815	10,5	1	Der Komet von kurzer Umlaufszeit war nicht beobachtet worden; man müßte also 1815 zwei Kometen zählen.
1816	9,4	1	
1817	10,4	0	
1818	11,4	2	
1819	11,1	3	Der eine der drei Kometen war sehr glänzend mit großem Kerne und langem Schweife; ein anderer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1820	9,8	0	
1821	11,1	1	
1822	12,1	4	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1823	10,4	1	Glänzend.
1824	11,2	2	
1825	11,7	4	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1826	11,4	5	Einer war der kleine Komet von $6^3/_4$ Jahren.
1827	10,8	3	
1828	11,5	0	
1829	9,1	1	Komet von kurzer Umlaufszeit.
1830	10,1	2	Mit bloßen Augen sichtbar.
1831	11,7	0	

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1832	10°8	3	Der eine war der Komet von kurzer Umlaufszeit, ein zweiter der Komet von $6^3/_4$ Jahren.
1833	10,9	1	
1834	12,3	1	
1835	10,7	3	Einer war der Halley'sche, ein anderer der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1836	10,7	0	
1837	10,0	0	
1838	9,2	1	Komet von kurzer Umlaufszeit.
1839	10,9	0	Der Komet von $6^3/_4$ Jahren war nicht beobachtet worden, man müßte also für dieses Jahr 1 Kometen rechnen.
1840	10,3	4	
1841	11,2	0	
1842	11,0	2	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1843	11,3	3	Einer war der Komet von $7^1/_2$ Jahren; ein anderer, ein großer Komet mit einem Schweife von 43° Länge, gehört zu denen, welche der Erde am nächsten gekommen sind, und war bei hellem Tage sichtbar.
1844	10,2	3	
1845	9,7	4	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit; ein anderer mit einem $2^1/_2$° langen Schweife war mit bloßen Augen sichtbar.
1846	11,7	8	Einer war der Komet von $6^3/_4$ Jahren.
1847	10,8	6	Einer derselben war mit bloßen Augen sichtbar.
1848	11,4	2	Einer war der Komet mit kurzer Umlaufszeit.
1849	11,3	3	
1850	10,6	2	Einer von ihnen war mit bloßen Augen sichtbar.
1851	10,5	4	Einer war der Komet von $7^1/_2$ Jahren.
1852	11,7	4	Einer war der Komet mit kurzer Umlaufszeit, ein zweiter der von $6^3/_4$ Jahren.
1853	10,11	2	Einer war mit bloßen Augen sichtbar.

Der Leſer hat jetzt alle Data vor Augen. Betrachten wir zunächſt einzelne Angaben, ſo finden wir:

Im Jahr 1737 iſt ungeachtet ſeiner beiden Kometen die mittlere Temperatur niedriger als in den beiden vorhergehenden Jahren, in welchen ſich kein Komet zeigte. Von 1763 bis 1785 entſpricht das kälteſte Jahr 1766 der Erſcheinung zweier Kometen, wovon einer ſehr hell war. Während der 16 Jahre (von 1787 bis 1802), für welche ich die in den Tabellen der londoner königlichen Geſellſchaft veröffentlichten meteorologiſchen Beobachtungen benutzt habe, iſt das wärmſte Jahr 1794 durch keinen Kometen ausgezeichnet, während in dem viel kälteren Jahre 1799 zwei geſehen wurden. Beim Uebergange zu den in dem dritten Theile der Tabelle enthaltenen neueren Beobachtungen bemerkt man, daß das Jahr 1805 mit ſeinen zwei Kometen zu denen gehört, in welchen die mittlere Temperatur am wenigſten hoch geweſen iſt; daß 1808, obwohl vier Kometen beobachtet worden, zu den kälteren Jahren gezählt werden muß; daß das kälteſte Jahr des 19. Jahrhunderts 1829 durch die Erſcheinung eines Kometen bezeichnet iſt; daß das Jahr 1831, in welchem kein ſolcher Himmelskörper erſchien, doch eine viel höhere mittlere Temperatur gezeigt hat als 1819, wo drei Kometen (darunter ein ſehr glänzender) geſehen wurden; daß 1846, wo man acht Kometen beobachtete, dieſelbe mittlere Temperatur gehabt hat, wie 1852, wo nur vier ſolche Himmelskörper wahrgenommen wurden u. ſ. w.

Laſſen wir aber dieſe vereinzelten Bemerkungen, weil ſie zu keinem ſichern Schluſſe führen können, bei Seite, und ſtellen die verſchiedenen Reſultate zuſammen. Aus der obigen Tabelle folgt dann:

Mittlere Temperatur der 69 Jahre mit Kometen	10°81 C.
Mittlere Temperatur der 27 Jahre ohne Kometen	10,52

Der Unterſchied zwiſchen dieſen beiden Jahren iſt merklich genug, um eine Unterſuchung über die Urſache ſeiner Entſtehung zu verdienen. Könnte man dieſelbe nicht in dem Umſtande finden, daß kalte Jahre meiſtens nebelig ſind? Soviel iſt wenigſtens gewiß, daß bei einem gewöhnlich bedeckten Himmel die glänzendſten Kometen ohne bemerkt zu werden, vorbeigehen können. Vergleicht man die mittleren Temperaturen der Jahre, in welchen ſich nur ein Komet gezeigt hat, mit

den Temperaturen der Jahre, wo zwei oder mehrere ſolche Himmelskörper erſchienen ſind, ſo kann man den Einfluß des bezeichneten meteorologiſchen Umſtandes ſchwächen, wenn nicht eliminiren. Auf dieſem Wege ergibt ſich

Mittlere Temperatur der 30 Jahre mit einem Kometen 10°80 C.
Mittlere Temperatur der 39 Jahre mit mehreren Kometen 10,82

Der Unterſchied wird ſicherlich als unbedeutend zu betrachten ſein; denn beide Zahlen ſind faſt genau dieſelben.

Das letzte Reſultat muß jedem vorurtheilsfreien Geiſte entſcheidend erſcheinen. Doch weiß ich zu gut, wie ſehr das Publikum geneigt iſt, den Kometen einen gewiſſen erwärmenden Einfluß zuzuſchreiben, als daß ich es nicht für nöthig halten ſollte, in dieſem Kapitel die verſchiedenen Beobachtungsdata zuſammenzuſtellen, welche dazu beitragen können, die Wahrheit in ihr volles Licht zu ſetzen. Die folgenden drei kleinen Tabellen ſind direct auf dieſes Ziel gerichtet; denn wenn man bei aufmerkſamer Durchſicht derſelben bemerkt, daß die kälteſten Jahre häufig während der Erſcheinung von Kometen, ſowie andererſeits die höchſten Temperaturen zu ſolchen Zeiten eingetreten ſind, wo keins dieſer Geſtirne am Himmel ſtand, ſo wird man wenig geneigt ſein, ſich auf zufälliges Zuſammentreffen, welches der Lauf der Zeiten unvermeidlich herbeiführen muß, zu ſtützen, um zwiſchen dem Gange der beiden in Rede ſtehenden Phänomene eine Beziehung aufzuſtellen, deren Wahrheit durch abſolut Nichts bewieſen wird.

Tabelle der größten zu Paris beobachteten Kältegrade.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1665, 6. Februar	—21°2	Ein heller Komet, der in den erſten Tagen des Decembers 1664 erſchienen, war im Februar 1665, als die außerordentliche Kälte in dieſem Monate eintrat, noch vollſtändig ſichtbar. Dieſer Komet, deſſen Durchgang durchs Perihel am 4. December 1664 ſtatt fand, verſchwand erſt gegen Ende März 1665. In dieſem letztern Monate erſchien ein anderer glänzender Komet.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1709, 13. Januar	—23°1	Kein Komet.
1716,	—18,7	Kein Komet.
1729,	—12,2	Ein Komet war ſichtbar vom Juli 1729 bis zu Ende Januar 1730; er ging am 12. Juni 1729 durchs Perihel.
1742, 10. Januar	—17,0	Man ſah einen Kometen ſeit dem 5. Februar; derſelbe ging am 8. Febr. durchs Perihel. Im April bemerkten Seefahrer in der ſüdlichen Hemiſphäre einen zweiten mit einem Schweife von 30° Länge. Die Bahn des letztern hat nicht berechnet werden können.
1747, 14. Januar	—13,6	Ein Komet wurde vom 13. Auguſt bis 5. December 1746 beobachtet; am 3. März 1747 ging er durchs Perihel.
1748,	—15,3	Im Monat April 1748 wurden drei Kometen geſehen; nur zwei ſind berechnet worden; ihr Durchgang durchs Perihel fiel auf den 28. April und 18. Juni.
1754. 8. Januar	—14,1	Kein Komet.
1755,	—15,6	Kein Komet.
1767,	—15,3	Kein Komet.
1768,	—17,1	Kein Komet.
1771,	—13,5	Ein Komet, der am 19. April durchs Perihel ging.
1776, 29. Januar	—19,1	Kein Komet.
1783, 30. December	—19,1	Ein ſehr kleiner Komet ging am 19. November 1783 durchs Perihel.
1788, 31. December	—22,3	Zwei Kometen; der eine ging am 10. November und der andere am 20. November durchs Perihel.
1795, 25. Januar	—23,5	Der Komet von kurzer Umlaufszeit; er ging aber erſt gegen Ende des Jahres durchs Perihel.
1798, 26. December	—17,6	Zwei Kometen; der eine erreichte ſein Perihel am 4. April, und der andere am 31. December.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1820, 11. Januar	—14°3	Kein Komet.
1823, 14. Januar	—14,6	Ein heller Komet, der am 9. December durchs Perihel ging.
1827, 18. Februar	—12,8	Drei Kometen, Durchgänge durchs Perihel: 4. Februar, 7. Juni, 11. September.
1829, 24. Januar	—17,0	Der Komet mit kurzer Umlaufszeit ging am 9. Januar durchs Perihel.
1830, 17. Januar	—17,3	Zwei Kometen; Durchgänge durchs Perihel: 9. April, 27. December.
1838, 20. Januar	—19,0	Der Komet von kurzer Umlaufszeit ging am 19. December durchs Perihel.
1840, 17. December	—13,2	Vier Kometen; Durchgänge durchs Perihel: 4. Jan., 12. März, 2. April. 13. November.
1845, 25. Februar	—11,8	Vier Kometen; einer wurde mit bloßen Augen gesehen; ein zweiter war der Komet mit kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 8. Januar, 21. April, 5. Juni, 9. August.
1846, 19. December	—14,7	Acht Kometen; Durchgänge durchs Perihel: 22. Januar, 11. und 25. Februar, 5. März, 27. Mai, 1. u. 5. Juni und 29. October.
1853, 30. December	—14,0	Zwei Kometen, von denen einer mit freiem Auge sichtbar. Durchgänge durchs Perihel: 24. Februar, 1. September.

Tabelle über die Jahre, in welchen die Seine mehrere Tage nach einander völlig zugefroren war.

1740,	Kein Komet.
1742,	Ein Komet ging am 8. Februar durchs Perihel.
1744,	Einer der hellsten Kometen, den man gesehen hat; er ging am 1. März durchs Perihel.
1762,	Ein Komet; Durchgang durchs Perihel am 28. Mai.
1766,	Zwei Kometen; der erste ging am 17. Februar, der zweite am 26. April durchs Perihel.

1767,	Kein Komet.
1776,	Kein Komet.
1788,	Zwei Kometen; der erste ging am 10. November, der zweite am 20. November durchs Perihel.

Tabelle der höchsten zu Paris im Schatten und auf der Nordseite beobachteten Wärmegrade.

Datum	Hundertheilige Grade über 0	Bemerkungen über die Kometen.
1705, 6. August	+33°8	Kein Komet.
1706, 8. August	+35,3	Ein Komet, der am 30. Januar durchs Perihel ging.
1753, 7. Juli	+35,6	Kein Komet.
1754, 14. Juli	+35,0	Kein Komet.
1775,	+34,7	Kein Komet.
1793, 8. Juli	+38,4	Zwei Kometen; der eine ging am 4., der andere am 28. November durchs Perihel.
1800, 18. August	+35,5	Kein Komet.
1802, 8. August	+36,4	Ein Komet, der am 9. September durchs Perihel ging.
1803,	+36,7	Kein Komet.
1808, 15. Juli	+36,2	Vier Kometen, von denen einer am 12. Mai, der andere am 12. Juli durchs Perihel ging, die beiden übrigen aber nicht berechnet worden sind.
1818, 24. Juli	+34,5	Zwei Kometen, deren einer am 25. Februar und der andere am 4. December durchs Perihel ging.
1822, 10. Juni	+38,8	Vier Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 5. und 24. Mai, 16. Juli und 23. October.
1825, 19. Juli	+36,3	Vier Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 30. Mai, 18. August, 16. September, 10. December.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen
1826, 1. Auguſt	+36,2	Fünf Kometen, darunter der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 21. u. 29. April, 18. Mai, 8. October, 18. November.
1827, 2. Auguſt	+33,0	Drei Kometen. Durchgänge durchs Perihel: 4. Februar, 7. Juni, 11. September.
1832, 14. Juli	+34,8	Drei Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit und der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 4. Mai, 25. September und 26. November.
1835, 23. Juli	+34,0	Drei Kometen, darunter der Halley'ſche und der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 27. März, 26. Auguſt u. 16. Novbr.
1836, 1. Juli	+34,3	Kein Komet.
1838, 13. Juli	+34,3	Der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgang durchs Perihel am 19. December.
1839, 3. Auguſt	+33,1	Kein Komet.
1840, 6. Auguſt	+33,0	Vier Kometen. Durchgänge durchs Perihel: 4. Januar, 12. März, 2. April und 13. November.
1842, 18. Auguſt	+37,2	Zwei Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 12. April u. 11. December.
1846, 5. Juli	+36,5	Acht Kometen, darunter der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 22. Januar, 11. und 25. Februar, 5. März, 27. Mai, 1. u. 5. Juni, 29. October.
1847, 17. Juli	+35,1	Sechs Kometen, darunter ein mit bloßen Augen ſichtbarer. Durchgänge durchs Perihel: 30. März, 4. Juni, 9. Auguſt, (2 Kometen) 9. September, 14. November.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1850, 5. August	+33°6	Zwei Kometen. Durchgänge durchs Perihel: 23. Juli, 19. October.
1852, 16. Juli	+35,1	Vier Kometen, darunter der Komet mit kurzer Umlaufszeit und der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 14. März, 19. April, September, 12. October.

Nachdem Alles, was sich gegenwärtig aus der kleinen Zahl der von den Astronomen gesammelten Beobachtungen entnehmen läßt, dargelegt worden, wollen wir das Phänomen von einem andern Gesichtspunkte aus betrachten.

Ein Komet kann aus der Ferne nur auf dreierlei Weisen auf die Erde wirken: erstens mittelst Anziehung; zweitens durch die Licht- und Wärmestrahlen, die er nach allen Seiten ausstößt oder zurückwirft, oder drittens durch die gasförmige Materie, woraus seine Nebelhülle oder sein Schweif besteht, und die in gewissen Stellungen in die Erdatmosphäre würde eingreifen können.

Der noch in Aller Gedächtnisse gebliebene Komet von 1811 hatte einen glänzenden Schweif, dessen Länge nicht constant blieb. Seine größte Länge gaben astronomische Messungen gegen 20 Millionen Meilen an. Auch ohne zu untersuchen, ob dieser Schweif jemals nach der Erde hin gerichtet gewesen ist, kann ich behaupten, daß er sie nicht erreicht hat, denn am 15. October, an welchem Tage das Gestirn der Erde am nächsten stand, stieg der Abstand des Kometen von uns noch auf 25 Millionen Meilen.

In seinem größten Glanze verbreitete der Komet von 1811 auf der Erde sicherlich noch kein Licht, welches dem zehnten Theile des von dem Vollmonde uns gesandten gleichkam. Letzteres Licht hat aber nicht bloß in seiner natürlichen Intensität, sondern sogar im Brennpunkte großer Spiegel oder Linsen concentrirt, bei seiner Einwirkung auf die geschwärzte Kugel eines Luftthermometers niemals einen Effect hervorgebracht[9]; und doch würde mittelst des genannten Instrumentes $^1/_{100}$ eines gewöhnlichen Thermometergrades noch sehr gut wahrgenommen werden können. Man müßte also ganz auf den Gebrauch

ſeiner Vernunft verzichten, wenn man nach ſolchen Reſultaten ferner die Idee feſthalten wollte, daß ein Komet, ſelbſt wenn er 20 mal heller wäre als der von 1811, durch ſein Licht auf der Oberfläche der Erde Aenderungen der Temperatur in der Weiſe hervorzubringen vermöchte, daß ſie auf den Reichthum und die Güte der Ernten von Einfluß wären, oder auch ſelbſt nur eine jener mikroſkopiſch kleinen Veränderungen zu erzeugen im Stande wäre, welche die feinſten meteorologiſchen Inſtrumente anzuzeigen beſtimmt ſind.

Schließlich würde alſo Nichts übrig bleiben, als den wirkſamen Grund des angeblichen meteorologiſchen Einfluſſes der Kometen in ihrer anziehenden Kraft zu ſuchen. Der Mond ſoll uns als Vergleichungspunkt dienen.

Dieſer letztere Himmelskörper erzeugt die Fluten des Oceans. (S. 87). In aller Strenge genommen hat der Komet von 1811 auch analoge Fluten hervorbringen müſſen; da ſie aber Niemand bemerkt hat, ſo müſſen wir annehmen, daß ſie wegen ihrer Kleinheit der Beobachtung entgangen ſind.

Die Höhe der Flut ändert ſich proportional mit der Stärke der anziehenden Kraft. Wir haben ſoeben die Mondflut ſehr ſtark, die Kometenflut dagegen unmerklich gefunden; es könnte alſo die Wirkung des Kometen auf die Erde nur ein kleiner Theil von der Wirkung des Mondes ſein. Dies wichtige Reſultat geht mit noch größerer Evidenz aus der Unterſuchung der Abweichungen oder Störungen hervor, welche die Planeten auf ihrem elliptiſchen Laufe um die Sonne erleiden. Der Kürze wegen will ich mich indeß hier an den erſten Beweis halten.

Die Anziehung des Mondes erzeugt in unſerer Atmoſphäre nur ſehr zweifelhafte Wirkungen (Bd. 13. S. 422), und diejenigen Meteorologen, welche bei der Behandlung dieſer Frage ſich am Beſtimmteſten für das Vorhandenſein derſelben ausgeſprochen haben, ſchließen ſelbſt die Schwankungen des Barometers, die von einem Einfluſſe des Mondes herrühren können, in ſehr enge Grenzen ein. Geben wir aber auch einmal für den Augenblick dieſe Aenderungen als wirklich vorhandene zu; ſo werden wir ſie doch offenbar verkleinern müſſen, wenn wir

daraus in Zahlen die Einflüsse derselben Art berechnen wollen, welche der Komet von 1811 zu erzeugen fähig gewesen wäre. Auf die Nothwendigkeit einer solchen Reduction weisen die Fluten des Oceans ohne Widerspruch hin. Dann wird aber nichts Wahrnehmbares übrig bleiben.

Um es also nochmals kurz zusammenzufassen, die directen Wirkungen des Schweifes und der Nebelhülle des großen Kometen von 1811 auf die Erdatmosphäre sind wegen der ungeheuern Entfernung, in welcher dies Gestirn stets von der Erde geblieben ist, unmerklich gewesen. Was die erwärmenden und anziehenden Wirkungen betrifft, so würden die feinsten Instrumente selbst deren Existenz nicht haben nachweisen können. Ich überlasse es jetzt dem Leser zu beurtheilen, ob die Winzer jemals auf die Erscheinung eines Kometen einige Hoffnungen gründen können!

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Numerische Angaben in Bezug auf die Klimate.

Ich habe geglaubt, dieses Buch nicht schließen zu dürfen ohne eine kurze Zusammenstellung der interessantesten Zahlenresultate in Bezug auf die Vertheilung der Temperatur nach den verschiedenen Gegenden der Erde zu geben.

Zunächst mögen hier Angaben über die an der Oberfläche der Erde, theils im Boden selbst, theils in der Luft und im Schatten beobachteten Temperaturextreme folgen.

Höchste Temperaturen des der Wirkung der Sonne ausgesetzten Bodens.

Zwischen den Wendekreisen, sehr gewöhnlich	52°5	(v. Humboldt).
In der Nähe des Orinoco (weißer Granitsand mit schöner Vegetation bedeckt)	60,3	(Derselbe).
Sand in Egypten, in der Nähe von Philä	67,5	(Nouet).
Sand im Garten der pariser Sternwarte	53,0	(Arago).

Höchſte in freier Luft und im Schatten beobachtete Temperaturen.

	Breiten.	Temperaturen.	
Murzuk (Fezzan)	26°49′ nördl.	56°2	(Lyon, Ritchie).
Ambukol (Dongolah)	18 „	46,9	(Ruppel).
Nubien	15 „	46,2	(Ruſſegger).
Pondichery	11 56 „	44,7	(Le Gentil).
Sakatu	13 „	43,3	(Clapperton).
Paramatta	33 49 ſüdl.	41,1	(Gener. Brisbane).
Kap d. gut. Hoffnung	33 35 „	43,7	(Lacaille).
Antongil (Madagascar)	15 27 „	45,5	(Le Gentil).

Die höchſte Temperatur, welche ſeit 1665 zu Paris in freier Luft und im Schatten beobachtet wurde, war + 38°4 am 8. Juli 1793.

Niedrigſte in freier Luft beobachtete Temperaturen.

Jakutsk (Sibirien, 62° n. Br., 129¾ öſtl. L.) am 25. Januar 1829	— 58°	(Katakazia, Thermometer durch Erman berichtigt).
Fort Entrepriſe (64½° n. Br., 115½° weſtl. L.)	— 50°	(Franklin).

Die tiefſte ſeit 1665 zu Paris beobachtete Temperatur iſt —23°5 am 25. Januar 1795 geweſen.

Nach den Berechnungen von Berghaus gibt es in der nördlichen Hemiſphäre zwei Punkte, welche kälter ſind als ihre Umgebungen: der eine, der amerikaniſche Kältepol würde in 77°30′ n. Br. und 38° w. L. liegen, und ſeine mittlere Temperatur — 19°7 ſein; der andere, der aſiatiſche Kältepol, würde unter 7°30′ n. Br. und 128°30′ ö. L. liegen, und — 17°2 als mittlere Temperatur beſitzen (ſ. Figur 349 bis 352 S. 488—491).[10])

Ich will jetzt zu einigen Vergleichungen übergehen zwiſchen den mittleren Temperaturen der Jahreszeiten gewiſſer Orte, die ſo gewählt ſind, um darzulegen:

1) die Unterſchiede zwiſchen Orten, welche unter derſelben Breite auf derſelben Halbkugel mitten im Lande und mitten im Meere liegen;

2) die Unterſchiede zwiſchen Orten, welche auf beiden Halbkugeln in gleicher Entfernung vom Aequator liegen;

3) die Unterſchiede, die man in der nördlichen Halbkugel zwiſchen Orten findet, welche dieſelbe Breite haben, aber theils in der alten Welt, theils im nördlichen Amerika liegen;

4) die Unterſchiede der Temperatur, welche die Oſt- und Weſtküſten beider Welten zeigen.

Orte in derſelben Breite mitten im Ocean und mitten im Feſtlande in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel.

	Madeira. Inſel.	Natchez (Amerika.)	Nangaſaki (Japan.)
Nördliche Breite	32°38′	31°34′	32°45′
Mittlere Temperatur des Winters	16°3	9°6	7°1
Mittlere Temperatur des Frühlings	17,5	19,0	15,2
Mittlere Temperatur des Sommers	21,1	25,6	26,7
Mittlere Temperatur des Herbſtes	19,8	18,8	18,8
Mittlere Temperatur des Jahres	18,7	18,2	17,0

Orte auf beiden Seiten vom Aequator.

Nördliche Halbkugel.			Südliche Halbkugel.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
Hamburg	53°33′	8°6	Hungerhafen Falklandsinſeln	53°37′	5°0
London	51 31	9,1		51 32	8,3
Perpignan	42 42	15,5	Hobart-Town	42 53	11,3
Smithville	34 0	19,3	Buenos-Ayres	34 37	16,9
Bermudas-Inſeln	32 28	20,0	Graaf-Raynet	32 11	16,8
Havana	23 9	25,0	Rio de Janeiro	22 55	23,1
Nagpoor	21 9	27,5	Inſel Bourbon	20 52	23,1
Maracaybo	11 19	29,0	Inſel Melville	11 25	27,0

Orte auf der nördlichen Halbkugel, in der alten Welt und in Nordamerika.

Alte Welt.			Amerika.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
Paris	48°50′	10°7	Quebec	46°49′	5°7
Neapel	40 51	16,7	Fort Columbus	40 42	11,0
Kairo	30 2	22,4	New-Orleans	29 58	21,1

Orte an der Westküste Europas und Amerikas.

Europa.			Amerika.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
La Rochelle	46°9′	11°6	Fort Georg	46°18′	10°3
Bordeaux	44 50	13,1	Fort Vancouver	45 38	11,5
Lissabon	38 42	16,4	S. Francisco	37 48	13,6

Orte auf den Ostküsten Asiens und Amerikas.

Asien.			Amerika.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
Peking	39°54′	12°6	Philadelphia	39°57′	10°7
Bangkok	13 40	27,3	Barbados	13 4	24,7

Die Trockenheit eines Landes muß einen großen Einfluß auf die Höhe und die Vertheilung der Temperaturen im Sommer und Winter ausüben.

Diese Trockenheit ist in den Wüsten, und besonders in den sibirischen Ebenen jenseits des Altai zwischen dem Irtysch und Ob, wenn die Südwestwinde lange Zeit geweht haben, außerordentlich groß.

Am 5. August 1829, 1 Uhr Mittags, fand A. v. Humboldt in in der Steppe Platowskaya die Temperatur des Thaupunktes — 4°3, während das Thermometer im Schatten damals + 23°7 zeigte. Die

Temperatur der Pflanzen hätte folglich um 28° ſinken müſſen, wenn ſich Thau auf ihnen hätte abſetzen ſollen.

Unter den eben angeführten pſychrometriſchen Verhältniſſen würde das Haarhygrometer von Sauſſure nur 29° gezeigt haben.

Als am 28. September 1829 um 3 Uhr Nachmittags zu Uralsk, dem Hauptorte der Koſaken des Lark, die Lufttemperatur + 22° betrug, lag der Thaupunkt bei + 1°4. Der Thau würde ſich alſo auf den Pflanzen erſt nach einer durch Ausſtrahlung bewirkten Temperaturerniedrigung von 20°6 haben abſetzen können.

Zufolge dieſer außerordentlichen Trockenheit nimmt mit dem Vorrücken von Weſt nach Oſt die Anzahl der Regentage ſchnell ab: in Moskau zählt man 205, in Kaſan 90, in Irkutzk nur 57.

Wenn jetzt der Leſer nach einer genauen Erwägung der Ziffern, welche ich im Vorhergehenden mitgetheilt habe und die, weil ſie aus ſehr zahlreichen Beobachtungen hergeleitet wurden, eine gewiſſe Regelmäßigkeit zeigen, zu den früheren Tabellen zurückgehen will, welche die in Paris beobachteten niedrigſten und höchſten Temperaturen angeben, ſo wird er ohne Mühe erkennen, daß man an einem und demſelben Orte im Laufe der Jahre die in faſt allen Klimaten nachgewieſenen Schwankungen (effets) erfahren kann. Daher iſt es, trotz dem daß die Temperaturerſcheinungen im Allgemeinen gut feſtgeſtellt ſind, doch unmöglich im Voraus anzuzeigen, welches der einer beſtimmten Zeit und einem gegebenen Ort entſprechende beſondere Zuſtand ſein wird.

Dreiunddreißigſtes Buch.

Vom Kalender.

Erſtes Kapitel.

Vorwort.

Den Kalender hat man bisher noch nicht zum Gegenſtande einer faßlichen und ausführlichen Darſtellung gemacht. In den Schriften meiner Vorgänger ſind eine Menge von intereſſanten Fragen gänzlich unberührt gelaſſen, und während man andererſeits gewiſſe Punkte unſtreitig mit großer Ueberlegenheit behandelt findet, vermißt man doch, wenn mir eine derartige Bemerkung verſtattet iſt, eine für Perſonen ohne mathematiſche Vorkenntniſſe verſtändliche Darſtellungsweiſe. Um dieſe Lücke auszufüllen, will ich hier eine kurze Zuſammenſtellung der verſchiedenen Methoden zu geben verſuchen, welche in alter und neuer Zeit angewendet worden ſind, um ſich in der Zeit zurechtzufinden. Der Leſer, nunmehr mit den aſtronomiſchen Theorieen vertraut, wird mir leicht folgen, wenn ich davon die Anwendung auf verſchiedene Aufgaben zu machen unternehme, deren Löſung die Praxis unſeres geſellſchaftlichen Lebens vom Aſtronomen verlangt.

Obgleich ich jede mir mögliche Sorgfalt angewendet habe, um mich vor Ungenauigkeiten zu hüten, die bei der Behandlung einer Frage zu befürchten ſtehen, welche zu gleicher Zeit phyſikaliſche, hiſtoriſche und philologiſche Kenntniſſe vorausſetzt; obgleich ich überall aus den beſten Quellen, wie Clavius, Gaſſendi, Blondel, Delambre, Daunou u. A. zu ſchöpfen beſtrebt geweſen bin, ſo weiß ich doch

nicht, ob ich mir ſchmeicheln darf, daß nicht größere oder geringere Irrthümer ſich in meine Arbeit eingeſchlichen haben. Mein einziges Ziel war der Verſuch, ein wenig Klarheit über einen Gegenſtand zu verbreiten, den ſelbſt die Aſtronomen vom Fache ſeiner Complication halber nur mit Widerwillen behandeln.

Die alte Aſtronomie, ſagt ein gelehrter Geſchichtsforſcher, obwohl von unſern Schulen längſt verdrängt, herrſcht fortwährend in unſeren Kalendern und in unſeren Sprachen. Die Wahrheit dieſer Bemerkung mag aus den Unterſuchungen der folgenden Blätter zur Genüge erhellen. Ein Wort noch, bevor wir an unſere Aufgabe gehen.

In Molière's Luſtſpiel verlangt der Bürger als Edelmann, ſein Lehrer in der Philoſophie ſolle ihm den Almanach beibringen. Dieſer Wunſch iſt nichts weniger als unvernünftig: gar Mancher, der darüber lacht, würde ſehr in Verlegenheit gerathen, ſollte er nur die allerelementarſten Fragen aus dieſem Kapitel beantworten. Freilich, müſſen wir einräumen, betrog ſich Meiſter Jourdain, wenn er die geforderte Unterweiſung für leicht und einfach hielt: die Erklärung des Almanachs hängt vielmehr mit den feinſten und ſchwierigſten Punkten der Naturwiſſenſchaften und Alterthumskunde zuſammen. Indeß mag der Leſer darüber ſelbſt das Urtheil fällen.

Zweites Kapitel.

Definitionen.

Der Name Almanach kommt vom Worte man, welches bei den Orientalen den Mond bezeichnet.

Unter Kalender verſteht man eine Sammlung von Vorſchriften oder Tafeln, in welchen die Unterabtheilungen der Zeit in ihren natürlichen oder conventionellen Lage- und Größeverhältniſſen vor Augen geführt werden.

Das Wort Kalender kommt von calendae, mit welcher Benennung die Römer den erſten Tag jedes Monats auszeichneten.

Die Ableitung des Ausdrucks calendae hat man in dem griechiſchen Zeitworte καλέω (rufen) finden wollen, weil in Rom jedesmal am

ersten Tage eines Monats das Volk zu einer allgemeinen Versammlung berufen wurde. Da die Griechen in ihrer Jahreseintheilung keine Kalenden hatten, so entstand die Redensart: „auf die griechischen Kalenden verschieben," um auszudrücken, daß man Jemanden durch eine illusorische Versprechung hinzuhalten suchte. Letztere Bedeutung ist wenigstens sicherer, als die vom Verbum *καλέω* hergeleitete Etymologie.

Die astronomischen Phänomene der Umdrehung unseres Planeten um seine Axe und seiner Umlaufsbewegung um die Sonne sind für alle Völker die Veranlassung zur Eintheilung der Zeit in Tage und in Jahre geworden. In den früheren Büchern sind alle wissenswerthen Angaben über die Unterabtheilungen der Stunden, Minuten und Secunden, über Stern- und Sonnentage, über das siderische und tropische Jahr, über die mittlere Zeit, und über die Uhren als Zeitmesser enthalten.*) Wir werden jetzt zu reden haben von der Woche, dem Monate, den Jahren und Aeren bei den verschiedenen Völkern. Diese Zeiteintheilungen haben den Zweck, die Epoche eines Ereignisses auf genaue und bequeme Weise zu fixiren. Der Monatstage und Jahreszahlen bedient man sich zur Feststellung von Thatsachen aus dem bürgerlichen Leben und der Geschichte der Völker, und zwar hat man sich dabei, um eine Uebereinstimmung mit der Rückkehr der nämlichen Jahreszeiten zu erzielen, im Allgemeinen nach der scheinbaren Bewegung der Sonne gerichtet. Die Woche zeigt die regelmäßige Folge von Arbeits- und Ruhetagen an. Die Erwähnung religiöser Ereignisse endlich, oder kirchlicher Feste bezieht sich in der Regel auf die Ordnungszahlen der Mondwechsel und auf die Menge der Tage, welche seit dem letzten Neumonde verflossen sind.

Drittes Kapitel.

Die Woche.

Goguet, im unveränderten Anschluß an die Ansichten des Philo, des Josephus, des heil. Clemens von Alexandrien, behauptete, daß alle

*) Siehe den ersten Band der Astronomie, Buch 7. S. 213—256.

Völker des Alterthums sich der siebentägigen Periode bedient hätten. Andere, wie z. B. Costard sind der Meinung, daß in diesen entlegenen Zeiten die Juden allein die Woche gebrauchten. (Ueber die weitere Begründung dieser Ansicht kann man eine der Biot'schen Abhandlung über die astronomische Zeitrechnung, von Herrn Alfred Maury hinzugefügte Note nachlesen*)). Noch Andere endlich, unter denen Daunou zu nennen, sind keiner dieser beiden extremen Ansichten zugethan, und behaupten vielmehr, daß während bei den alten Chinesen, bei den Juden, Aegyptern, Chaldäern und Arabern die Woche als Zeitmaß gegolten habe, dieselbe in Persien, in Griechenland, in Rom, Karthago u. s. w. unbekannt gewesen sei. Die letztere Meinung ist diejenige, welche heute die meisten Anhänger zählt, allein es dürfte uns nicht verstattet sein, ohne die Grenze unserer Darstellung zu überschreiten, auf eine sorgfältige Untersuchung der Stellen, welche den Beweis für jene Behauptung zu enthalten scheinen, näher einzugehen.

Man nimmt an, daß um das dritte Jahrhundert unserer Zeitrechnung der Gebrauch der Woche nach Griechenland und den Occident kam.

Man müßte mehr als Skeptiker sein und nicht bemerkt haben, wie sehr die Worte einer gesprochenen Sprache sich zuweilen im Verlaufe der Zeit zu verändern pflegen, um in den Benennungen unserer Wochentage nicht die mehr oder minder verstümmelten Namen der Planeten erblicken zu wollen. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Namen wird jeder Zweifel daran schwinden.

Beginnen wir mit der Benennung der Wochentage in den südfranzösischen Mundarten, so finden wir die Ausdrücke: di-luns, di-mars, di-mercres, di-jous, di-vendres, di-sate, di-menge.

Der Ursprung der sechs ersten Namen kann nicht streitig sein; das Wort dimanche kommt von dies dominica, woraus, nach den Sprachforschern, unsere Vorfahren dominque, dann domineke, dimenche und endlich dimanche gemacht haben.

Im englischen Kalender hat der Sonntag den Namen der Sonne (sunday) behalten; der zweite Tag heißt nach dem Monde (monday);

*) Siehe den 22. Band der Mémoires de l'Académie des Sciences.

in der Bezeichnung der vier folgenden Tage sind die Namen der nordischen Gottheiten an die Stelle der griechischen Götter getreten; beim siebenten Tage endlich, dem Sonnabend (saturday), dem Tage des Saturn, erscheint die Mythologie der südlichen Völker wieder. Es läßt sich also nicht bestreiten, daß die Wochentage die Namen der sieben Gestirne tragen, welche die Alten die sieben Planeten nannten.

Nach Dio Cassius (röm. Consul im Jahre 229) haben diese Benennungen ihren Ursprung von einer bei den Aegyptern hergebrachten Sitte, nach welcher die vierundzwanzig Stunden des Tages in einer gewissen Ordnung den verschiedenen Planeten geweiht waren, dergestalt, daß jeder Tag den Namen desjenigen Planeten trug, der in der ersten Stunde das Regiment führte. [2])

Die Ordnung, in welcher die Wochentage aufeinander folgen, verräth den unverkennbaren Einfluß eines alten astronomischen Systems, demzufolge die Planeten um so weiter von der Erde entfernt waren, je mehr sie Zeit brauchten, um ihre scheinbare Bahn am Himmel zurückzulegen. In diesem Systeme war folglich der Mond der nächste Planet, hierauf kam Mercur, dann Venus, hierauf die Sonne, welche man für einen Planeten ansah, und zum Schlusse in ihrer wahren Reihenfolge Mars, Jupiter und Saturn.

So entstand die folgende Reihe, wenn jeder Planet mit dem ihm zugehörenden Zeichen versehen wird:

Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Mercur, Mond.

♄ ♃ ♂ ☉ ♀ ☿ ☾

Aus dieser Reihe geht nach Anleitung der von Dio Cassius gegebenen Regel die gegenwärtige Reihenfolge der Wochentage hervor:

Sonnabend, Sonntag, Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag,

♄ ☉ ☾ ♂ ☿ ♃ ♀

wofür es außerdem unmöglich sein würde, eine Erklärung zu finden, weder mit Beziehung auf die Umlaufszeiten, den relativen Glanz oder die sonstige physische Erscheinung der einzelnen Gestirne, noch im Hinblick auf die in der alten Mythologie den verschiedenen Gottheiten beigelegte Wichtigkeit.

Aus welchem Grunde sollte in der That der Tag der Sonne auf

tag des Saturn, der Montag auf den Sonntag, der Martstag auf den Montag u. s. w. folgen? Gehen wir dagegen von der oben angeführten Rangordnung der Planeten aus, und theilen einem jeden, von der Linken zur Rechten gezählt, eine Stunde des Tages zu, so zwar, daß wenn die Reihe der sieben erschöpft ist, sich wieder der Saturn an den Mond anschließt, — um mit einem Worte Alles zu sagen: zählen wir, als wenn die Zeichen auf den Umfang eines Kreises geschrieben wären. Da also die erste Stunde des Sonnabends — saturday bei den Engländern — dem Saturn ♄ geweiht war, so mußte die siebente dem Monde ☾ zufallen, ebenso die vierzehnte und die einundzwanzigste. Die zweiundzwanzigste Stunde des nämlichen Sonnabends gehörte wieder dem Saturn ♄, die dreiundzwanzigste dem Jupiter ♃, die vierundzwanzigste dem Mars ♂, die fünfundzwanzigste endlich, oder die erste Stunde des folgenden Tages mußte der Sonne ☉ geweiht sein, deren Name somit dem neuen Tage selbst (sunday) zugetheilt wurde.

Wenn wir jetzt vom Sonntage ausgehen, so ergibt sich auf dieselbe Weise wie vorhin, daß die siebente, vierzehnte und einundzwanzigste Stunde dieses Tages vom Mars ♂ regiert werden, die zweiundzwanzigste von der Sonne ☉, die dreiundzwanzigste von der Venus ♀, die vierundzwanzigste vom Merkur ☿, und die fünfundzwanzigste, oder die erste Stunde des folgenden Tages, vom Monde ☾. Auf den Sonntag oder sunday mußte demnach der Montag oder monday der Engländer, der di-luns der Südfranzosen, folgen. Unterwirft man jetzt die Stunden des Montags derselben Betrachtung, so findet man die einundzwanzigste Stunde desselben dem Merkur ☿, die zweiundzwanzigste dem Monde ☾, die dreiundzwanzigste dem Saturn ♄, die vierundzwanzigste dem Jupiter ♃ unterthan; die fünfundzwanzigste, oder die erste Stunde des folgenden Tages gehört dem Mars ♂: so sehen wir den Dienstag, di-mars entstehen. Setzt man die nämliche Operation bei allen übrigen Planeten fort, so gelangt man schließlich zur gegenwärtigen Reihenfolge der Wochentage:

Sonnabend, Sonntag, Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag,

♄ ☉ ☾ ♂ ☿ ♃ ♀

und wie oben ausgesprochen, läßt sich hierin die offenbare Spur des ältesten astronomischen Systems nicht verkennen.

Viertes Kapitel.

Die Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen.

Ein in sieben gleiche Theile getheilter Kreis, den sieben Planeten des Alterthums in der Reihenfolge der Größe ihrer Umlaufszeiten oder ihrer vorausgesetzten Entfernungen von der Erde entsprechend,

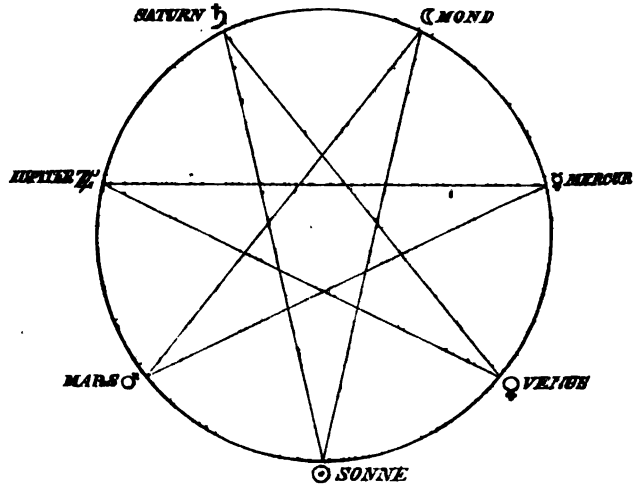


Fig. 353. — Erklärung der Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen.

stellt die geheimnißvolle Figur dar, nach welcher die Astrologen die Ordnung der den Wochentagen beigelegten Namen erklärten.

Von jeder einem bestimmten Planeten entsprechenden Theilung des Kreisumfangs zogen die Astrologen zwei Linien nach den Endpunkten des gegenüberliegenden Bogens, wodurch eine Figur von sieben sich kreuzenden Linien entstand, welche sieben untereinander gleiche, von geraden und krummen Linien begrenzte Dreiecke bildeten. Geht man

um, von der Spitze eines beliebigen Dreiecks beginnend und die gerade, einem zweiten Dreiecke gleichzeitig angehörende Seite verfolgend, zur Spitze dieſes zweiten Dreiecks fort, dann weiter auf dieſelbe Art zu einer dritten Spitze u. ſ. w., ſo ergibt ſich dabei entweder die Reihenfolge der Wochentage oder ihre umgekehrte Ordnung. Der Mond ☾ z. B. führt zu Mars ♂, Mars ♂ zu Mercur ☿, Mercur ☿ zu Jupiter ♃, Jupiter ♃ zu Venus ♀, Venus ♀ zu Saturn ♄, Saturn ♄ zur Sonne ☉, von der Sonne ☉ endlich gelangt man zum Monde ☾ zurück.

Daraus entſteht folglich die Reihe:

Montag, Dienſtag, Mittwoch, Donnerſtag, Freitag, Sonnabend,

☾ ♂ ☿ ♃ ♀ ♄

Sonntag, Montag,

☉ ☾

d. i. die Rangordnung der Wochentage.

Wäre man vom Monde ☾ zur Sonne ☉ fortgegangen, ſo wäre man weiter von der Sonne ☉ zum Saturn ♄ gelangt, vom Saturn ♄ zur Venus ♀ u. ſ. w., entſprechend der Reihenfolge

Montag, Sonntag, Sonnabend, Freitag, Donnerſtag, Mittwoch, Dienſtag,

☾ ☉ ♄ ♀ ♃ ☿ ♂

oder den Wochentagen in umgekehrter Ordnung.

Mit Bezug auf dieſe cabbaliſtiſchen Durchkreuzungen hatte man über die Einflüſſe der verſchiedenen Planeten eigene Syſteme aufgeſtellt, welche die Aſtrologen als ihr Zunftgeheimniß anſahen.

Wir haben alſo die Wahl zwiſchen zwei Methoden, um die Rangordnung oder Reihenfolge der einzelnen Wochentage zu erklären: die eine auf ein altes aſtronomiſches Syſtem gegründet, die andere aus einer aſtrologiſchen Combination entſpringend. Die Zahl Sieben, welche ſich nur ergab, wenn man die Sonne unter die Planeten rechnete, beſaß im Alterthume geheimnißvolle Tugenden und bildete den Gegenſtand eines wahrhaften Cultus: gewiß hätte man in Aegypten, in Griechenland, in Rom nicht ungeſtraft die Exiſtenz von mehr als ſieben Planeten zu behaupten wagen dürfen; ein ſolches Attentat auf die Prärogative der Zahl Sieben hätte aller

Verwünschungen der Religion werth geschienen, selbst der Tod wäre keine zu strenge Strafe dafür gewesen.

Fünftes Kapitel.

Welches ist der erste Tag der Woche?

Nicht selten wird in der Gesellschaft die Frage aufgeworfen, welches der erste Wochentag sei? Einige kurze Betrachtungen hierüber sind vielleicht nicht überflüssig. Nach der Genesis ward die Welt in sechs Tagen erschaffen, am siebenten ruhete Gott. Wenn man also die sieben Wochentage mit den sieben Schöpfungstagen vergleichen und die Bemerkung hinzufügen will, daß bei allen christlichen Völkern der Sonntag ein geweiheter Tag, ein Ruhetag ist, so kann man sich für berechtigt halten, den Sonntag als den siebenten Tag, und folglich den Montag als den ersten Tag der Woche anzusehen. Allein liegt in dieser Schlußfolgerung ein Beweis? Der Feiertag der Juden war jederzeit der Sonnabend, und so ließe sich vielleicht mit noch mehr Grund behaupten, daß dieser Tag dem in den heiligen Büchern des alten Testamentes erwähnten Ruhetage entsprechen müsse. Aus der Sitte der Bekenner des mosaischen Gesetzes würde also der Sonnabend als der letzte und der Sonntag als der erste Tag der Woche hervorgehen.

Indeß, jede Hypothese bei Seite gesetzt, scheint es klar, daß die Tage, welche man als den ersten und als den letzten Wochentag angesehen haben will, nur durch eine ausdrückliche Uebereinkunft festgesetzt werden können; befragen wir also das Wörterbuch der Akademie — denn die Astronomie hat mit dieser Frage Nichts zu thun — so finden wir den Sonntag als den ersten Tag der Woche bezeichnet. In Frankreich ist die Frage mit dieser Entscheidung erledigt. In Deutschland hat der Gebrauch dieselbe Lösung gegeben, denn der Name Mittwoch bedeutet nichts Anderes als die Mitte der Woche.

Folgende Zusammenstellung enthält die Namen der Wochentage bei den hauptsächlichsten Völkern und in den hauptsächlichsten Sprachen:

Deutſch.	Franzöſiſch.	Italieniſch.
Sonntag	Dimanche	Domenica
Montag	Lundi	Lunedi
Dinſtag	Mardi	Martedi
Mittwoch	Mercredi	Mercoledi
Donnerſtag	Jeudi	Giovedi
Freitag	Vendredi	Venerdi
Sonnabend (Samſtag)	Samedi	Sabbato

Spaniſch.	Portugieſiſch.	Engliſch.
Domingo	Domingo	Sunday
Lúnes	Secunda feira	Monday
Mártes	Terça feira	Tuesday
Miércoles	Quarta feira	Wednesday
Juéves	Quinta feira	Thursday
Viérnes	Sexta feira	Friday
Sábado	Sabbado	Saturday

Holländiſch.	Arabiſch*).	Indiſch**).
Zondag	Jaum el-ahad	Âditya-vâra
Maandag	Jaum el-ithnain oder el-thâni	Soma-vâra
Dingsdag	Jaum el-thalâthâ	Mangala-vâra
Woensdag	Jaum el-arbaâ	Budha-vâra
Donderdag	Jaum el-chamîs	Brihaspati-vâra
Vrijdag	Jaum el-dschuma	Sukra-vâra
Zaturdag	Jaum el-sebt oder el-effabt	Sani-vâra

Sechſtes Kapitel.

Die Monate.

Um das Gedächtniß nicht mit den großen Zahlen zu beläſtigen, welche nicht zu umgehen wären, wenn alle Zeitintervalle in Tagen

*) In der Ueberſetzung: der erſte, zweite, dritte, vierte, fünfte Tag, der Tag der Verſammlung, der Tag des Sabbath.

**) Ueberſetzt: Tag der Sonne, des Mondes, des Mars, des Mercur, des Jupiter, der Venus, des Saturn.

ausgedrückt werden ſollten, hat man in aufſteigender Ordnung die Summen oder Gruppen von Tagen eingeführt, welche durch die Benennungen Woche, Monat, Jahr unterſchieden werden.

Wahrſcheinlich iſt, daß der Mond, mit andern Worten die Dauer der Phaſenreihe, welche er zu durchlaufen hat, um von einem beliebigen Anfangszuſtande ausgehend zu demſelben wieder zurückzukehren, die erſte Anregung zu der Monat genannten Unterabtheilung des Jahres gegeben hat.

Hier führen Etymologie und Arithmetik zu dem nämlichen Schluſſe.

Im Griechiſchen bedeuten die Worte *μήνη* und *μὴν* reſp. Mond und Monat, *νουμηνία* oder *νεομηνία* heißt der Neumond oder der erſte Tag im Monat.

Der alte Zuſammenhang zwiſchen Mond und Monat iſt auch in der engliſchen Sprache vollkommen erſichtlich geblieben, denn moon heißt Mond und month bedeutet Monat.

Der Zeitraum zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Neu- oder Vollmonden u. ſ. w., mit anderen Worten die ſynodiſche Umlaufszeit unſeres Satelliten beträgt ungefähr $29\frac{1}{2}$ Tage*).

Siebentes Kapitel.

Die Monate der Aegypter.

Im alten Aegypten galt eine Periode von zwölf gleichen Monaten, deren jeder aus dreißig Tagen beſtand; doch begann dieſe Periode erſt von Neuem, nachdem am Schluſſe der vorhergehenden fünf Ergänzungstage oder Epagomenen (*ἐπαγόμεναι* sc. *ἡμέραι*) eingeſchaltet worden waren. Man könnte alſo nicht mit Unrecht ſagen, daß die Aegypter die Zeit in Perioden von dreizehn Monaten theilten, in zwölf von gleicher Länge und einem dreizehnten von nur fünf Tagen. Die Namen der zwölf ägyptiſchen Monate ſind: Thoth, Phaophi, Athyr, Choiak, Tybi, Mechir, Phamenoth, Pharmuthi, Pachon, Payni, Epiphi, Meſori.

*) Siehe den dritten Band der Aſtronomie, Buch 21, 1. Kapitel, S. 206.

Die Schalttage heißen Nesi bei den heutigen Kopten, wenn das Jahr ein gemeines ist, und Kebus (?) in einem Schaltjahre. Seit der Kalenderverbesserung beginnt das auf ein Schaltjahr folgende Jahr mit dem 30. August, um mit dem darauf folgenden 28. August zu schließen; das nächste Jahr beginnt dann am 29. August [3]).

Achtes Kapitel.

Die Monate der Griechen.

Anfänglich gab es zwölf griechische Monate, ohne den Schaltmonat zu rechnen, der später in Gebrauch kam; die Monate waren abwechselnd voll und hohl, d. h. von 30 und von 29 Tagen.

Man theilte die Monate in drei Theile oder Dekaden, wobei wohlverstanden in den hohlen Monaten, die nur 29 Tage zählten, die dritte Dekade, mit einer contradictio in adjecto, aus blos neun Tagen bestand.

Während der ersten Dekade, mit welcher der Monat begann, zählte man die Tage von eins bis zehn; der erste Tag führte den besonderen Namen der Neomenie.

Die Tage der mittleren Dekade wurden gleichfalls von eins bis zehn gerechnet.

In der Schlußdekade dagegen galt eine ganz andere Zählungsweise.

In dieser letzten Periode sah man stets den Mond allmälich verschwinden, welcher Umstand Veranlassung gab zu ihrer Benennung durch ein griechisches Wort, das diese Abnahme ausdrückte *). Die zehn oder neun Tage dieser Verschwindungsdekade nun, mit welcher der Mond zu Ende ging, wurden numerisch, nach ihrer Reihenfolge, auf den Tag des vollständigen Verschwindens des Mondes bezogen. Der 21. Tag des Monats hieß demgemäß der zehnte oder der neunte

*) Man hat die Bemerkung gemacht, daß der Zusatz, mit welchem die Griechen die Tage der letzten Dekade bezeichnen (φθίνοντος sc. μηνός), bereits in der Odyssee vorkommt.

Tag vor dem Neumonde, je nachdem der Monat 30 oder 29 Tage zählte; der 22. Monatstag hieß nach demſelben Princip der neunte oder der achte Tag, und ſofort bis zum 30. oder 29. Tage des Monats (τριακὰς), welcher im Griechiſchen noch einen beſonderen Namen (ἕνη καὶ νέα) führte, der zugleich alt und neu bezeichnet, weil an dieſem Tage jedesmal der Schluß eines Mondwechſels und der Anfang der neuen Phaſe zuſammenfielen.

Wir beſitzen keinen alten Autor, der uns in einer Schrift ex professo mit den auf die Zeiteintheilung bei den Griechen bezüglichen Vorſchriften bekannt gemacht hätte; die Reconſtruction des griechiſchen Kalenders iſt folglich nur dadurch möglich geworden, daß man die bei Proſaikern und Dichtern zerſtreuten Stellen zuſammenſtellte und verglich. Es iſt uns nicht geſtattet, ohne die Grenzen, die wir unſerer Darſtellung geſteckt haben, zu überſchreiten, hier die Reſultate der Unterſuchungen der Philologen über die Namen der zwölf Monate bei den Athenern anzuführen, um ſo mehr, als die Meinungen über die Bedeutung dieſer Namen, und ſelbſt über die Stelle, welche verſchiedene derſelben in der Reihe der zwölf Monate eingenommen haben, ſehr getheilt ſind.

Uebrigens waren die attiſchen Monate nicht übereinſtimmend mit denen der anderen kleinen griechiſchen Republiken, z. B. der Lacedämonier [4]).

Neuntes Kapitel.

Die römiſchen Monate.

Romulus ſetzte eine zehnmonatliche Periode feſt, nach deren Ablauf die Zählung ſtets in derſelben Ordnung wieder von vorn begann.

Der erſte von dieſen zehn Monaten hieß Mars, nach dem Namen des Gottes, von dem Romulus ſeinen Urſprung herleitete. Der Name des zweiten Monats (Aprilis) hat eine minder ſichere Abſtammung: Einige führen ihn zurück auf das Wort aperire, öffnen, weil in dieſem Monate die Erde ſich öffnet; Andere, wie Ovid, nehmen an, April ſei durch Corruption aus dem Beinamen der Venus, Aphrodite, entſtanden.

Der dritte Monat war der Mutter des Mercur, Maja, geweiht.

Der vierte Monat war der Juno heilig, ſo daß Junius durch Abkürzung aus Junonius hervorgegangen wäre.

Die Namen der ſechs übrigen Monate drückten einfach ihre Ordnung aus:

Quintilis,	Sextilis,	September,
(der fünfte);	(der ſechſte);	(der ſiebente);
October,	November,	December,
(der achte);	(der neunte);	(der zehnte).

Von den beiden Monaten, welche Numa zu den zehn Monaten des Romulus hinzuſetzte, ward der erſte Januarius, von Janus, genannt; der Name des anderen (Februarius) kommt einigen Archäologen zufolge von den Sühnopfern (februalia), durch welche man ſich von den im Laufe des Jahres begangenen Fehlern zu reinigen ſuchte. In Italien gibt man, wie Cagnoli anführt, eine etwas verſchiedene Erklärung für den Namen des zweiten Monats: Februar ſoll von Februus kommen, dem Gotte der Todten, dem dieſer Monat heilig geweſen [5]).

Die römiſchen Monate ſind auch die unſrigen geworden; es erſcheint deshalb unerläßlich, ſie von ihrem Urſprunge an zu verfolgen und zu unterſuchen, wie ſie nach und nach verändert und vervollſtändigt worden ſind.

Mit Berufung auf das Zeugniß des Varro und Sueton — auch Ovid wäre zu nennen geweſen — gibt Cenſorinus, im Einklange mit dem eben von uns Angeführten, an, daß urſprünglich nur die zehn Monate: März, April, Mai, Juni, Quintilis, Sextilis, September, October, November und December beſtanden. Von dieſen hatten der März und der Mai, der Quintilis und der October jeder 31 Tage, die übrigen zählten blos 30. Die römiſche Periode, nach welcher die Zeit (das Jahr) gerechnet wurde, hatte folglich nur 304 Tage.

Numa oder Tarquin (die Alterthumsforſcher haben nicht zu entſcheiden gewagt, von welchem der beiden Könige die Neuerung ausging) fügte den 304 Tagen des Romulus noch 51 hinzu, welche auf zwei neue Monate vertheilt wurden, ſo daß eine zwölfmonatliche Periode von 355 Tagen entſtand.

Da die einundfunfzig zugeſetzten Tage nicht ausreichten, um den

beiden neugeſchaffenen Monaten Januar und Februar eine nahezu gleiche Länge mit den alten Monaten zu verleihen, ſo griff man zu einer Verkürzung bei einigen dieſer letzteren. Die vier großen Monate März, Mai, Quintilis und October behielten ihre 31 Tage, während die ſechs kürzeren Monate von 30 Tagen noch weiter auf 29 Tage herabgeſetzt wurden. Die dadurch gewonnenen 6 Tage erhöhten die 51 neuen Tage auf 57, von denen man 29 dem Januar und 28 Tage dem Februar zuwies.

Ein Wort über das Auffallende bei dieſer numeriſchen Ausgleichung.

Die Griechen rechneten nach Perioden von 354 Tagen, und hätte man zur Periode des Romulus 50 Tage hinzuſetzen wollen, ſo würde dieſelbe Zahl herausgekommen ſein. Aus Aberglauben nahm man jedoch 51 Tage, um zu vermeiden, daß die Summe eine gerade Zahl gäbe, der Meinung gemäß, daß die ungeraden Zahlen ſegensreicher, den Göttern angenehmer wären. Der nämliche Grund waltete bei der ſonderbaren Vertheilung der Tage auf die verſchiedenen Monate: vier hatten 31 Tage, ſieben 29, nur der Februar zählte 28. Dieſer Monat beſaß alſo den doppelten Mangel, nicht allein der kürzeſte zu ſein, ſondern, was viel verhängnißvoller, aus einer geraden Anzahl von Tagen zu beſtehen.

Das war, nach der Bemerkung des berühmten Hiſtorikers Dannou, die römiſche Weisheit zu den Zeiten des göttlichen Numa!

Jeder römiſche Monat zerfiel in drei ungleiche Theile, welche durch die Tage der Kalenden, der Nonen und der Iden von einander getrennt waren.

Die Kalenden fielen unveränderlich auf den erſten Tag jedes Monats, die Nonen kamen am 5. oder am 7., die Iden am 13. oder am 15. Tage.

Den nächſten Feiertag, den Sonntag, vor Augen pflegen die Schulkinder wohl häufig die Wochentage nach ihrer Entfernung von dem erſehnten Feſttage zu zählen, und nicht ſelten hört man ſie ſagen: wir haben noch zwei, drei, vier u. ſ. w. Tage bis zum Sonntag. Ebenſo rechneten die Römer und bezeichneten jeden Tag nach ſeinem Abſtande von dem nächſtfolgenden Feſte des Monats. Unmittelbar

nach den Kalenden eines Monats bezog man die Daten auf die Nonen, und sagte: sieben, sechs, fünf Tage vor den Nonen; am Tage nach den Nonen zählte man nach den Iden; die Tage der zweiten Monatshälfte endlich wurden auf die nämliche Weise nach den Kalenden des folgenden Monats angegeben. Die letzten Tage des Februar z. B. hießen der siebente, der sechste, der fünfte vor den Kalenden des März; wenn die Iden auf den 13. fielen, hatte man zuweilen bis siebenzehn Tage vor den Kalenden des folgenden Monats zu zählen.

Eine weitere Bemerkung wird die unglaubliche Sonderbarkeit dieser Rechnungsweise noch mehr hervorheben.

Die Tage, welche den Nonen, den Iden und Kalenden unmittelbar vorhergingen, hießen rationeller Weise die Vortage (pridie) der Nonen, Iden und Kalenden. Nun hätten die Tage, welche wiederum an jene Vortage sich rückwärts anschlossen, zweite Tage vor den Nonen, Iden, Kalenden heißen sollen; statt dessen nannte man sie in der Wirklichkeit dritte Tage, ihnen vorher gingen die vierten Tage u. s. w., mit dem beständigen Fehler von einer Einheit.

Wer sieht nicht mit Erstaunen, ich möchte fast sagen mit Unwillen, in diesem Systeme retrograder Zählung z. B. den Tag der Nonen, als wahren Ausgangspunkt genommen, in der Rechnung nicht mitzählen, wenn der vorhergehende Tag ausgedrückt werden soll, und dagegen für die Angabe der früheren Tage als Einheit gelten!

Wenn Bélise in den gelehrten Frauen vom Notar fordert:

De dater par les mots d'Ides et de Calendes,
(nach den Iden und Kalenden zu datiren)

so wird man, um die ganze Ironie der Anspielung zu begreifen, sich erinnern, daß Molière's Blaustrumpf nach Etwas verlangt, was zu den ungereimtesten und unvernünftigsten Einrichtungen des Alterthums gehört.

Gerade wie die Aegypter, empfanden die Römer die Nothwendigkeit, wie bald gezeigt werden soll, zu Schaltmonaten zu greifen.

Alle zwei Jahre wurde den zwölf gewöhnlichen Monaten ein Schaltmonat hinzugefügt, welcher den Namen mercedonius, merkedonius oder merkedinus führte.

Aus einem fast unerklärlichen Eigensinne wurde der Monat

mercedonius ganz und gar zwiſchen dem 23. und 24. Februar eingeſchaltet, ſo daß alſo der 1. 2. 3. u. ſ. w. Tag des Mercedonius auf den 23. Februar folgte und nicht eher die Reihenfolge des 24., 25., 26., 27., 28. Februar wieder aufgenommen wurde, als nachdem alle Tage des Schaltmonates erſchöpft waren [6]).

Zehntes Kapitel.

Die Monate im republikaniſchen Kalender.

Der republikaniſche Kalender des Jahres 1793 zählte 12 Monate, jeden von 30 Tagen, und 5 oder 6 Epagomenen oder Schalttage, welche keinem der 12 Monate angehörten *). Es wird ſich bald zeigen, welchem in der Vertheilung der Jahreszeiten begründeten Umſtande dieſe fünf oder ſechs Ergänzungstage ihren Urſprung verdankten.

Jeder Monat war in drei Dekaden getheilt, in welchen die einzelnen Tage primidi, duodi, tridi, quartidi, quintidi, sextidi, septidi, octidi, nonidi und décadi hießen. Daß der Name des Tages der Dekade unmittelbar und ohne Rechnung das Datum des Monatstages ſelbſt anzeigte (?), war unſtreitig ein großer Vortheil, deſſen die Wocheneintheilung entbehrt.

Die Reihenfolge der Monate, vom Anfangsmonate des republikaniſchen Jahres beginnend, lautete:

Vendémiaire, Brumaire, Frimaire, Nivôse, Pluviôse, Ventôse, Germinal, Floréal, Prairial, Messidor, Thermidor, Fructidor.

Die Sprachkundigen ſind mit dieſen Benennungen nicht zufrieden geweſen, während von der andern Seite die Bequemlichkeit einer gleichen Endung für die derſelben Jahreszeit angehörigen Monate, ſowie der Vortheil hervorgehoben wurde, welcher in der Beziehung zu jährlich wiederkehrenden Zuſtänden der Witterung oder der Agricultur liegt. So entſprach Fructidor der Epoche, wo die Früchte reifen, Vendémiaire der Zeit der Weinleſe, Pluviôſe der naſſen Jahreszeit, Frimaire dem Beginnen des Froſtes u. ſ. w.

*) Dieſe Schalttage erhielten den Namen Sansculottides, als hätte man abſichtlich das republikaniſche Jahr in Mißcredit bringen wollen.

Allein dieſe Benennungen hatten den Nachtheil, zunächſt nur auf das in Frankreich herrſchende Klima anwendbar zu ſein, ſo daß in der That eine ſeltſame Verblendung dazu gehörte, wenn man auf ihre allgemeine Annahme in allen Ländern rechnete.

Wie allbekannt hat dieſer Kalender nur dreizehn Jahre Geltung gehabt [7]).

Elftes Kapitel.

Von den verſchiedenen Sonnenjahren.

Die Philologen ſtimmen in der Annahme einer gemeinſchaftlichen Quelle für die Worte annus und annulus überein. Macrobius überſetzt annus durch „Kreislauf der Zeit".

Wir haben früher geſehen, wie man zur genauen Beſtimmung der Rückkehr der Nachtgleichenpunkte gelangen kann *); die Zeit, welche die Sonne braucht, um zu dem nämlichen Aequinoctium zurückzukehren, heißt ein tropiſches Jahr**).

Die genaue Dauer des tropiſchen Jahres, in mittleren Sonnentagen ausgedrückt, iſt 365,242264 Tage oder 365 T. 5 St. 48 M. 51,6 Sec.

In Sterntagen ausgedrückt würde der Betrag des Jahres um eine Einheit größer ſein, alſo 366,242264 Tage enthalten.

Sideriſches Jahr heißt die Zeit, welche die Sonne braucht, um zu dem nämlichen Sterne zurückzukommen. Infolge der Präceſſion der Aequinoctien, wodurch der Punkt der Frühlingsnachtgleiche alljährlich um 50″23 von Oſten nach Weſten zurückweicht***), iſt das tropiſche Jahr kürzer als das ſideriſche. Der ſideriſchen Jahresdauer hat man ſich zu bedienen, um das dritte Keppler'ſche Geſetz zu verificiren, nach welchem die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne ſich wie die Cuben der mittleren Entfernungen der Planeten von ihrem Centralkörper verhalten. In mittleren Tagen aus-

*) Siehe den 1. Band der Aſtronomie, Buch 7, Kap. 4, S. 224.

**) Siehe den 1. Band der Aſtronomie, Buch 7, Kap. 7, S. 234.

***) Buch 23, Seite 76 des 21. Kapitels in dieſem Bande.

gedrückt beträgt die Dauer des ſideriſchen Jahres 365,25637 Tage oder 365 T. 6 St. 9 M. 10,37 Sec., ſo daß ſich über das tropiſche Jahr ein Ueberſchuß von 20 Min. 18,77 Sec. herausſtellt.

Wenn die Sonne in ihrer ſcheinbaren Bewegung um die Erde genau zu demſelben Punkte ihrer Bahn zurückkehrt, von welchem ſie ausgegangen iſt, ſo ſagt man, ein anomaliſtiſches Jahr ſei verfloſſen. Das Wort Anomalie bedeutet Ungleichheit; die Bezeichnung erklärt ſich, wenn man ſich daran erinnert, daß infolge der planetariſchen Störungen die Elemente der Bahnen Aenderungen unterworfen ſind. Das anomaliſtiſche Jahr hat 365,259709 mittlere Sonnentage oder 365 T. 6 St. 13 M. 58,8 Sec.

Wollte man die Bewegung der Erde in Bezug auf die Planeten und die Zeitintervalle betrachten, nach denen ſie zu einer gleichen Länge mit jedem der übrigen Planeten zurückkehrt, ſo würden daraus verſchiedene ſynodiſche Jahre folgen, deren nähere Angabe für unſeren Zweck überflüſſig erſcheint.

Für die Bedürfniſſe der folgenden Auseinanderſetzung iſt allein die Bemerkung nöthig, daß das tropiſche Jahr von 365 T. 5 St. 48 M. 51,6 Sec. oder 365,242264 Tagen einen ziemlich verwickelten Bruch darbietet, welcher die Urſache von allen Schwierigkeiten in der Concordanz der Kalender und allen nach und nach erdachten Kalenderverbeſſerungen geworden iſt. Nimmt man die Länge des Jahres zu 365,25 Tagen oder 365 Tagen 6 Stunden, ſo begeht man einen Fehler von 11 Min. 8,4 Sec.

Zwölftes Kapitel.

Das ägyptiſche Jahr. — Das bewegliche Jahr. — Die Sothisperiode.

Die Aegypter, meint man, hatten urſprünglich ein Jahr von 360 Tagen, eingetheilt in zwölf gleiche Monate von 30 Tagen. Hiermit ſoll nach der Anſicht einiger Gelehrten die Theilung des Kreiſes in 360 gleiche Theile, in 360 Grade zuſammenhängen.

In der Geſchichte der Rhea und des Saturn, welche Plutarch uns aufbehalten hat, wird erzählt, daß die fünf Schalttage (Epago-

neten) vom Hermes Trismegistos zum ursprünglichen Jahre von 360 Tagen hinzugesetzt wurden.

Auf 365 Tage gestiegen behielt das ägyptische Jahr, obwohl in vermindertem Grade, den Hauptfehler, den es bei seiner früheren Länge von 360 Tagen besessen: immer blieb eine Differenz mit der Zeit, in welcher die Sonne ihre Bahn am Himmel vollendet.

Jenes Jahr von 365 Tagen wird das beweg liche oder wandernde Jahr (annus vagus) genannt; beantworten wir die Frage nach dem Ursprunge dieser Benennung, so wie nach den Nachtheilen, welche sein Gebrauch zur Folge hat.

In der Erklärung der Jahreszeiten*) ist durch Thatsachen und auf theoretischem Wege der Beweis geführt worden, daß an einem gegebenen Orte die jährlichen Temperaturen sich in zwei Perioden, eine wachsende und eine abnehmende eintheilen, und daß dank der gegenwärtigen Zusammensetzung unseres bürgerlichen Jahres jeder Tag von bestimmtem Datum, wie der 10. Januar, 20. März, 15. Juli, 19. September u. s. w., von zufälligen atmosphärischen Umständen abgesehen in jedem Jahre die nämliche Temperatur besitzt. Dies rührt offenbar daher, daß an einem gegebenen Tage die Sonne im Mittel dieselbe Stellung in Bezug auf den Aequator einnimmt, und folglich auch in Bezug auf einen bestimmten Horizont. Von dieser Stellung aber hängt, wie in dem angeführten Kapitel gezeigt worden, die Beschaffenheit der Temperatur auf der Erdoberfläche ab.

Was wird nun die Folge sein, wenn die Länge des bürgerlichen Jahres mit der des astronomischen nicht übereinstimmt? Wir setzen voraus, wie es bei den Aegyptern der Fall war, daß das bürgerliche Jahr 365 Tage zähle, während das astronomische Jahr ungefähr um einen Vierteltag länger ist.

Sei jetzt ein Tag von bestimmtem Datum gegeben, z. B. der 21. März, der Tag der Tag- und Nachtgleiche. An diesem Tage findet eine gewisse Temperatur statt, welche von dem Stande der Sonne im Aequator abhängt. Zählt man im darauffolgenden Jahre den 21. März, so wird die Sonne noch nicht im Aequator stehen, sondern

*) Buch 32, Kap. 12, S. 455.

ein Vierteltag muß noch verfließen, bevor die Sonne jene Ebene erreicht. Wenn nach Ablauf einer neuen Periode der 21. März wiederkehrt, wird die Sonne noch weiter von der Ebene des Aequators entfernt und ein halber Tag erforderlich ſein, um dahin zu gelangen.

Nach vier Umläufen endlich wird die Sonne, ſtatt wie zu Anfang der Periode am 21. März im Aequator zu ſtehen, denſelben erſt am 22. erreichen; es wird folglich der 22. März die Temperatur beſitzen, welche urſprünglich dem 21. zukam. Denkt man ſich vier neue Umläufe zurückgelegt, ſo gelangt die Sonne erſt am 23. März zum Aequator, und der 23. wird die anfänglich am 21. beobachtete Temperatur zeigen. Bei jeder Periode von vier Jahren tritt alſo das Aequinoctium um einen Tag ſpäter ein, ſo daß die urſprüngliche Temperatur des 21. März nach und nach in den April, in den Mai, den Juni u. ſ. w. hinaufrückt.

Alle Tage des Jahres müſſen in Bezug auf ihre Temperatur ſucceſſive die Stelle des 21. März einnehmen, und alle Monate demgemäß zurückweichend der Reihe nach in den Winter zu liegen kommen.

Bei der gegenwärtigen Lage der Dinge herrſcht in unſeren Klimaten im April eine gemäßigte Temperatur, die Monate Juli und Auguſt ſind heiß, der December und Januar bringt Kälte. Bei Annahme des von uns unterſuchten Syſtemes würde der nämliche Monat der Reihe nach gemäßigt, kalt und heiß werden. Die Verrichtungen des Landbaues ſtehen zu den verſchiedenen Monaten nicht wegen ihrer Namen, ſondern wegen ihrer Temperaturverhältniſſe in Beziehung. Im Syſteme des ägyptiſchen Jahres könnte man folglich nicht ſagen: die Erndte findet in dieſem, die Weinleſe in jenem Monate ſtatt, weil im Verlaufe einer gewiſſen Periode alle Monate der der Erndte günſtigen Temperatur, oder der Jahreszeit, in welcher die Weinleſe vorgenommen wird, entſprechen würden, u. ſ. w.

Dieſes Mißverhältniß ſpringt Jedermann in die Augen, aber es finden ſich noch andere Nachtheile von nicht geringerer Evidenz. Nehmen wir z. B. an, ein Geſchichtsſchreiber berichte von einer im Januar gelieferten Schlacht: bei der gegenwärtigen Einrichtung des Kalenders weiß ein Jeder, daß das Ereigniß im Winter ſtattfand, während im Syſteme der Aegypter eine Rechnung vorhergehen muß, um zu

entſcheiden, ob die Schlacht in den Winter, in das Frühjahr, den Sommer oder den Herbſt fiel, weil eben der Monat Januar der Reihe nach allen Jahreszeiten entſprechen kann.

Um die Frage zu beantworten, in welcher Periode ägyptiſcher Jahre (dieſe Jahre führen ſehr richtig den Beinamen der beweglichen oder wandernden Jahre) die einzelnen Monate den einzelnen Jahreszeiten entſprochen haben, muß man offenbar die Länge des ägyptiſchen Jahres oder 365 Tage mit 4 multipliciren, wodurch man eine Periode von 1460 aſtronomiſchen oder 1461 beweglichen Jahren erhält. Dieſe Periode, in deren Verlaufe nach und nach alle Tage des Jahres die nämliche Temperatur genießen, hieß bei den Alten die Sothisperiode (Hundsſternperiode, Σωθιακὴ περίοδος).

Abergläubiſche Motive wurden zu Gunſten des beweglichen Jahres geltend gemacht; man ſagte: da die bürgerlichen und kirchlichen Feſte an beſtimmten Tagen im Jahre gefeiert werden, ſo entſprechen im Verlaufe einer beſtimmten Zeit (nach 1460 Jahren) dieſe Feſte allen Jahreszeiten, welche dadurch geheiliget werden. Ich brauche ohne Zweifel nicht auf die Ungereimtheit derartiger Betrachtungen aufmerkſam zu machen, die ſeit der Einführung des Schaltjahres in Vergeſſenheit gerathen ſind.

Dreizehntes Kapitel.

Das griechiſche Jahr. — Die Cyclen des Meton und des Kalippos.

Das griechiſche Jahr hatte urſprünglich 354 Tage; ſpäter brachte man es auf 360, und zuletzt wurde mit Hülfe von Schaltmonaten ſeine Dauer im Mittel auf 365 Tage erhöht.

Da die Mondmonate zuerſt zur Zeiteintheilung angewendet wurden, ſo feierte man die Feſte alten Urſprungs an Epochen, welche mit dem Mondlaufe in Verbindung ſtanden. Weil die Jahreszeiten aber nur mit dem Laufe der Sonne zuſammenhängen, ſo mußte man, um zu bewirken, daß die Feſte an denſelben Mondphaſen wiederkehrten und zugleich nahe in dieſelben Jahreszeiten fielen, einfache Beziehungen aufſuchen, welche die beiden Arten der Zeiteintheilung in Verbindung zu bringen geſtatteten.

Ein Orakel hatte den Griechen vorgeſchrieben, gewiſſe ihrer Feſte an denſelben Tagen des Jahres und bei den nämlichen Mondphaſen zu feiern. Es war ſchwierig, im Voraus die Tage zu beſtimmen, an denen dieſe Feier ſtattzufinden hatte, bis zu dem Augenblicke, wo Meton den Cyclus entdeckte, welcher ſeinen Namen trägt und während der Feier der olympiſchen Spiele, im Jahre 433 vor unſerer Zeitrechnung nach den Chronologen, von ſeinem Urheber bekannt gemacht wurde. Meton bemerkte, daß in neunzehn Jahren 235 Mondwechſel ſich ereignen, ſo daß nach neunzehn Jahren die nämlichen Mondphaſen an den nämlichen Tagen, d. h. an den Tagen von gleichem Datum wiederkehren. Nach Ablauf dieſer Zeit alſo mußten die Feſte an demſelben Datum gefeiert werden. Wir haben bereits angeführt, daß wie erzählt wird die Griechen bei der Verkündigung dieſer Entdeckung in eine ſolche Begeiſterung geriethen, daß ſie die Eintragung derſelben mit goldenen Buchſtaben auf den öffentlichen Denkmälern beſchloſſen*). Daher ſchreibt ſich die Benennung der güldenen Zahlen für die Zahlen, welche den Metoniſchen Cyclus bilden.

Es iſt übrigens von einigen Chronologen bezweifelt worden, ob in Griechenland dieſe Periode im bürgerlichen Leben Anwendung gefunden habe; vielleicht haben die Schriftſteller, die ſich bei dieſer Gelegenheit einer übertriebenen Bewunderung hingaben, den gelehrten Aſtronomen für die unedeln Spöttereien entſchädigen wollen, welche in einer Komödie des Ariſtophanes gegen ihn gerichtet werden.

Kalippos vermehrte die Genauigkeit der von ſeinem Landsmanne Meton aufgeſtellten Bemerkung, indem er eine Periode von ſechsundſiebenzig Sonnenjahren annahm, welche 940 Mondwechſeln entſprechen[8]).

*) Siehe den dritten Band der Aſtronomie, Buch 21, Kap. 7, S. 311.

Vierzehntes Kapitel.

Das römiſche Jahr.

Unter Romulus enthielt das römiſche Jahr 304 Tage; Numa brachte es auf 355 Tage. Nach der Einführung des Schaltmondes Mercedonius beſtand daſſelbe aus 366 Tagen.

Hieraus entſprang ein immer wachſender Unterſchied zwiſchen dem Anfange des bürgerlichen und des aſtronomiſchen Jahres, trotzdem, daß der Monat Mercedonius eigens zur Beſeitigung dieſes Uebelſtandes geſchaffen war. Da man ſich nicht zu helfen wußte, entſchied man ſich an die Pontifices das Recht zu übertragen, dem Schaltmonate diejenige Anzahl Tage zuzuerkennen, welche die Umſtände erheiſchen würden. Von dieſem Augenblicke an wurde der Kalender ein Mittel der Corruption und des Betrugs. Cicero erzählt uns, daß infolge dieſer discretionären Gewalt die Prieſter für ihre Freunde die Dauer der Amtsführung verlängerten, oder bei ihren Feinden verkürzten, daß ſie nach ihrer Willkür die Verfalltermine hinausſchoben oder beſchleunigten, daß ſie die Einnahmen der Staatspächter nach Befinden dadurch erhöhten oder zu ihrem Schaden verkürzten.

Unwiſſenheit, Aberglaube und Betrug hatten die Sachen dermaßen ſchlimm gemacht, daß man dahin gekommen war, die Herbſtfeſte, welche autumnalia hießen, im Frühjahr und die Erndtefeierlichkeiten in der Mitte des Winters zu begehen.

Funfzehntes Kapitel.

Die julianiſche Kalenderverbeſſerung.

Julius Cäſar faßte den Entſchluß, der ganzen Verwirrung, von der wir eben geſprochen, ein Ende zu machen, und eine regelmäßige, unveränderliche, willkürfreie Einſchaltungsregel feſtzuſetzen, welche in Zukunft der Wiederkehr einer ſolchen Unordnung vorbeugen ſollte. Ein ägyptiſcher Aſtronom Soſigenes ward von ihm zu Rathe gezogen, und die gemeinſchaftliche Arbeit Beider führte zu dem, was man all-

gemein mit dem Namen der julianiſchen Kalenderverbeſſerung — von Julius Cäſar — zu bezeichnen pflegt.

Die Idee, das bürgerliche Jahr auf eine Periode zu gründen, welche eine Bruchzahl von Tagen enthielt, konnte dem ausgezeichnet ſcharfſinnigen Geiſte Cäſar's nicht einen Augenblick zuſagen.

Geſetzt nämlich das bürgerliche Jahr ſei nach einer Dauer von $365^1/_4$ Tagen geregelt, und ein gewiſſes Jahr dieſes neuen Kalenders beginne mit dem erſten Januar um Mitternacht, ſo wird das folgende Jahr erſt um ſechs Uhr Morgens anfangen, das darauffolgende um Mittag, und erſt nach einer Periode von vier Jahren würde der Anfang wieder auf Mitternacht fallen. Ohne weitere Auslaſſung überſieht Jedermann alle Uebelſtände, welche aus einem mit der Jahreszahl wechſelnden Jahresanfang entſpringen müßten.

Eine zweite Bedingung, welcher Genüge zu leiſten war, damit die Jahre eine leichte Ausdrucksweiſe durch eine gleichgeltende Anzahl von Tagen geſtatteten, beſtand darin, die Einſchaltung auf eine regelmäßige und einfache Weiſe anzuordnen. Man darf behaupten, daß dieſe letztere Bedingung ſich im julianiſchen Kalender erfüllt findet.

Um all' dem Uebel zu begegnen, das aus der fehlerhaften Länge des Schaltmonats Mercedonius und aus der betrügeriſchen Prieſterwirthſchaft entſtanden war, gab Cäſar dem Jahre 708 nach Roms Erbauung eine Dauer von 445 Tagen. Dieſe 445 Tage wurden außer dem gewöhnlichen Jahre durch einen Mercedonius von 23 Tagen und durch zwei außerordentliche, zwiſchen November und December eingeſchaltete Monate von reſp. 33 und 34 Tagen gebildet.

Das Jahr, in welchem dieſe Reform vorgenommen wurde, das ſechsundvierzigſte vor unſerer Zeitrechnung, hieß das Jahr der Verwirrung (annus confusionis).

Die julianiſche Kalenderverbeſſerung nahm die Länge des aſtronomiſchen Jahres zu $365^1/_4$ Tagen an; der Monat Mercedonius verſchwand, und die infolge deſſen disponibeln Tage ſuchte man dergeſtalt zu vertheilen, daß die herrſchenden Vorſtellungen und Vorurtheile des römiſchen Volkes ſo wenig als möglich verletzt wurden. Demnach behielt der Februar ſeine 28 Tage, denn ihn auf 30 zu ſetzen hätte das Wohl des Staates zu bedrohen geſchienen; dagegen zählten

von jetzt ab sieben Monate, statt der früheren fünf, 31 Tage, und zwar waren es der Sextilis und December, welche zu großen Monaten, menses majores, erhoben wurden.

Nachdem Julius Cäsar den Kalender reformirt, brachte Marcus Antonius, damals Consul, den Vorschlag zur Annahme, um das Andenken an diese Wohlthat zu verewigen, den Monat Quintilis, in welchem Cäsar geboren war, hinfort mit dem Namen Julius zu bezeichnen.

In der Folge — im Jahre 730 nach Gründung Roms — entschied der Senat, wie Macrobius uns berichtet, daß zum Andenken an die zahlreichen Dienste, welche Augustus dem Reiche während des Sextilis geleistet, dieser Monat den Namen August führen sollte.

Die beiden erwähnten Namensvertauschungen riefen seitens der Kaiser Tiberius, Claudius, Nero, Domitian verschiedene Versuche hervor, um auch ihre Namen in den Kalender zu bringen; glücklicherweise hat sich die Welt eine solche Schmach nicht gefallen lassen.

Julius Cäsar und Sosigenes wiesen dem Schalttage seine Stelle im Monat Februar an; doch war die Kühnheit nicht ganz so groß, als auf den ersten Blick scheinen möchte. Um dem hergebrachten Charakter dieses geradzahligen Unglücksmonats nicht zu nahe zu treten, mochte man auch in den Schaltjahren seine Länge nicht auf 29 Tage erhöhen, sondern ließ seine 28 Tage scheinbar unangetastet.

Der sechste Tag nämlich vor den Kalenden des März hieß sexto-calendas und wurde besonders gefeiert, zum Andenken an die Vertreibung des Tarquinius. Zwischen diesem Feste der Vertreibung der Könige und dem darauffolgenden Tage ward der Schalttag unter dem Namen bissexto-calendas eingeschoben, woher das Beiwort bissextilis zur Bezeichnung der Jahre von 366 Tagen*).

Die Nachfolger Cäsar's im Oberpriesteramt hatten die Ausführung der von ihm eingesetzten Reform zu überwachen; allein sie begingen den Fehler, jedesmal das eben verflossene Schaltjahr mit zu den vier Jahren zu rechnen, welche bis zum folgenden Schaltjahre ver-

*) Die julianische Kalenderverbesserung wurde um das Jahr 45 vor Christi Geburt, nach der Zählungsweise der Astronomen, eingeführt; also ging diese große Reform dem Tode Cäsar's kaum um ein Jahr vorher.

laufen sollten, so daß in der Wirklichkeit dadurch die Schaltjahre alle drei Jahre wiederkehrten.

Also vermochten diese ehrwürdigen Personen, die nicht anstanden aus dem Vogelfluge oder der Beschaffenheit der Eingeweide eines unter dem Opfermesser gefallenen Thieres die Zukunft vorherzusagen, nicht zu begreifen, daß man ein Viertel mit vier multipliciren müsse, um Eins zu erhalten. Sechsunddreißig Jahre lang beging man diesen Fehler in der Anwendung der Vorschriften des julianischen Kalenders; erst Augustus brachte Abhülfe und ließ die Tage weg, welche man in der angegebenen Weise zu viel eingeschaltet hatte.

Sechszehntes Kapitel.

Das Jahr der Israeliten.

Die gewöhnlichen Jahre der Hebräer bestanden aus zwölf Mondmonaten: Nisan, Jiar, Sivan, Thamus, Ab, Elul, Thischri, Marcheschvan, Kislev, Tebeth, Schebat, Adar, welche wie bei den Griechen abwechselnd 30 und 29 Tage, also im Ganzen nur 354 Tage zählten. Der elftägige Unterschied mit dem Sonnenjahre mußte für die Jahreszeiten eine wachsende Verrückung erzeugen, weshalb man zeitig die Nothwendigkeit einsah, zu Einschaltungen seine Zuflucht zu nehmen. Die Israeliten hatten folglich außerordentliche Jahre mit dreizehn Monaten, welche 29 oder 30 Tage zählten. Der dreizehnte Monat, Veadar oder zweiter Adar genannt, wurde in gewissen Jahren hinzugesetzt, damit das Passahfest, welches den 15. Nisan begann, mit der Zeit zusammenfiel, wo die Gerste geschnitten wurde, weil die Festregel außer dem Passahlamme auch die Darbringung reifer Aehren als Erstlinge der Erndte forderte. Die Vorschriften über die Einschaltung wechselten mit der Zeit und je nach dem Aufenthaltsorte der im Exil lebenden Juden. Endlich nahm man den Meton'schen Cyclus an, in welchem jedesmal das 3., 6., 8., 11., 14., 17. und 19. Jahr aus dreizehn Monaten besteht (?) und mit dem Beiwort embolismisch — von dem griechischen Worte ἐμβολισμός, d. h. Einschaltung — bezeichnet wird.

Siebenzehntes Kapitel.

Das Jahr der Mohammedaner.

Das Jahr der Mohammedaner besteht wie das griechische Jahr aus zwölf Monaten oder Lunationen, abwechselnd zu 30 und zu 29 Tagen; die Summe von 354 Tagen ist im Vergleich zum Sonnenjahre um $11^1/_4$ Tag zu kurz.

Die mohammedanischen Monate heißen:

Moharrem	30 Tage
Safar	29 "
Rebi el-awwel (Rebi I)	30 "
Rebi el-acher oder eth-thani (Rebi II)	29 "
Dschemâdi el-awwel (Dschemâdi I)	30 "
Dschemâdi el-acher oder eth-thani (Dschemâdi II)	29 "
Redscheb	30 "
Schabân	29 "
Ramadân	30 "
Schewwâl	29 "
Dsû'l-kade	30 "
Dsû'l-hedsche	29 "
Summa	354 Tage.

Bei dieser Einrichtung ist die Dauer jeder Lunation im Mittel zu $29^1/_2$ Tagen gerechnet, also 44 Minuten zu kurz. Um den daraus entspringenden Fehler zu corrigiren, fügen die Muselmänner im Verlaufe von je 30 Jahren 11 Schalttage hinzu, indem sie jedesmal den letzten Monat um einen Tag vermehren, so daß während einer Periode der Monat Dsu'l-hedsche elfmal 30 Tage hat. Die Vertheilung der elf Schalttage geschieht in jedem dreißigjährigen Cyclus nach folgendem Schema:

Schaltjahre: 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29.

Der dreißigjährige mohammedanische Cyclus besteht also aus 360 Lunationen oder $30 \times 354 + 11 = 10631$ Tagen; genau genommen müßten noch 16 Min. 49,2 Sec. hinzukommen, um den Anfang des neuen Mondwechsels zu erreichen; infolge dieses Fehlers rücken die Monate alle 30 Jahre ungefähr um eine Viertelstunde weiter vor. Da seit der Epoche der Hedschra (Hegira) 42 Cyclen ver-

floſſen ſind, ſo beträgt der Fehler gegenwärtig etwa 11 St. 40 Min. Es folgt daraus, daß die Feſte und die neuen Monate in den benachbarten Städten nicht immer an demſelben Tage gefeiert werden. Außerdem ſteigert ſich die Verwirrung noch dadurch, daß vorſchriftsmäßig der Mond von zwei glaubwürdigen Männern geſehen worden ſein muß, bevor ein Monat anfangen kann, wodurch der Beginn der Feierlichkeiten häufig von ganz zufälligen Umſtänden abhängig wird. Da endlich das Jahr der Mohammedaner ungefähr um elf Tage kürzer iſt, als das tropiſche Jahr, nach welchem allein der Wechſel der Jahreszeiten ſich richtet, ſo kann der erſte Tag im Jahre — der Anfangstag des Monats Moharrem — in der Reihenfolge der Jahreszeiten keinen feſten Platz einnehmen. Indem er mehr als elf Tage früher wiederkehrt, als die Sonne ihren Lauf vollendet, weicht er alljährlich um ebenſoviel zurück, mit andern Worten, der Jahresanfang geht nach und nach vom Frühling zum Winter, vom Winter zum Herbſt, vom Herbſt zum Sommer und vom Sommer zum Frühling, ſo daß er in der kurzen Periode von vierunddreißig Jahren der Reihe nach in alle verſchiedenen Jahreszeiten fällt.

Während bei uns 33 Jahre verfließen, zählen die Mohammedaner deren 34; der türkiſche Fiscus aber bedachte, daß die Aſtronomie dem Intereſſe des Staates wohl zu Statten käme, der bis dahin ſeine Beamten in 33 Jahren vierunddreißig Mal zu bezahlen hatte, und rechnet ſeitdem in der Adminiſtration nach dem julianiſchen Kalender.

Achtzehntes Kapitel.

Das Jahr der Chineſen.

Seit dem höchſten Alterthume, mehr als zwanzig Jahrhunderte vor unſerer Zeitrechnung, bedienen ſich die Chineſen des Jahres von $365^1/_4$ Tagen, d. h. ſie zählen wie im julianiſchen Kalender drei aufeinanderfolgende Jahre von 365 Tagen und ein viertes von 366 Tagen. Leider hat man in jenen frühen Zeiten die Ungenauigkeit dieſer Rechnungsweiſe zu wiederholten Malen durch beliebige Correctio-

nen zu verbeſſern geſucht, über deren Betrag uns geſchichtlich Nichts bekannt iſt, und die überdies nur auf unvollkommenen Beobachtungen beruhten. Die alten Chineſen maßen die Jahreslänge durch die Rückkehr der Winterſonnenwende, deren Eintritt vermittelſt der an einem Gnomon beobachteten Schattenlänge beſtimmt wurde. Sie behielten demnach ihr Jahr von $365^1/_4$ Tagen ſo lange unverändert bei, bis die Beobachtungen am Gnomon darthaten, daß eine merkliche Abweichung von der wahren Durchgangszeit der Sonne durch das Solſtitium ſtattfand: alsdann ließen ſie eine der gregorianiſchen Kalenderverbeſſerung analoge Reform eintreten. Dadurch ſind natürlicherweiſe Discontinuitäten in der chineſiſchen Chronologie entſtanden, welche ſich übrigens ſeit dem Jahre 206 vor Chriſti Geburt nicht wiederholt haben.

Das chineſiſche Jahr iſt in Mondmonate getheilt, und zwar wußten die alten Chineſen bereits, daß in neunzehn Jahren von $365^1/_2$ Tagen 235 Lunationen eintreten, und daß folglich nach Ablauf dieſes Cyclus die nämlichen Mondphaſen an den nämlichen Tagen wiederkehren. Sie hatten alſo die nach Meton benannte Periode entdeckt (Kap. 13, S. 542).

Die gewöhnlichen Jahre der Chineſen haben zwölf Monate oder Monde; andere auf den neunzehnjährigen Cyclus paſſend vertheilte Jahre, ſieben an der Zahl, enthalten dreizehn, und zwar fallen die Schaltmonde auf die Jahre 3, 6, 9, 11, 14, 17 und 19 des Cyclus. Dieſe Schaltmonde, ſagt uns Herr Biot, werden in eigenthümlicher Weiſe durch einen religiöſen Ritus dargeſtellt: „In der kaiſerlichen Reſidenz befindet ſich ein quadratiſches Gebäude, deſſen vier Seiten den Cardinalpunkten des Horizontes zugewandt ſind; der Inhalt des Palaſtes iſt in zwölf, den zwölf gewöhnlichen Monden geweihete Säle abgetheilt. Beim Beginne jeder Lunation bringt der Kaiſer der Reihe nach ein Opfer in dem entſprechenden Saale dar; wenn aber ein Schaltmond eintritt, ſo wird der Ritus zwiſchen den beiden Flügeln der Pforte vollzogen, welche den Uebergang von einem Saale in den andern bildet.“

Neunzehntes Kapitel.

Das Jahr der Perſer im elften Jahrhundert.

Bereits im elften Jahrhundert hatten die Perſer eine Schaltregel eingeführt, welche das bürgerliche Jahr mit dem aſtronomiſchen in ſehr naher Uebereinſtimmung hielt, und Aequinoctien wie Solſtitien auf dieſelben Tage des bürgerlichen Jahres brachte. Ihr Verfahren beſtand in Folgendem:

Auf je drei Gemeinjahre von 365 Tagen folgte ſiebenmal nach einander ein Jahr von 366 Tagen; das achte Mal jedoch wurde der 366ſte Schalttag nicht mehr im *vierten* Jahre der Periode hinzugeſetzt, ſondern man wartete das *fünfte* ab, um die Einſchaltung zu machen.

Welche Jahreslänge ergibt ſich aus dieſer Einſchaltungsregel?

Die ſieben erſten Perioden umfaſſen 28 Jahre, dazu die fünf Jahre der letzten Periode gerechnet, gibt einen Cyclus von 33 Jahren, in deſſen Verlaufe die Perſer alſo 8 Tage einſchalten. Hieraus folgt für den Bruchtheil der mittleren Jahreslänge, welcher zu 365 Tagen hinzutritt, der Werth von $^8/_{33}$ oder 0,2424 Tagen.

Dem Verfahren der Perſer zufolge enthalten demnach 10000 bürgerliche Jahre . . . . . 3652424,00 Tage
während 10000 aſtronomiſche Jahre umfaſſen . 3652422,64 „
ſo daß die Differenz nur beträgt . . . . 1,36 Tag.

Wir werden in der Folge ſehen, daß dieſe perſiſche Schaltregel eine noch größere Genauigkeit gewährt, als die heutzutage in dem größten Theile von Europa und der neuen Welt angenommenen Vorſchriften des gregorianiſchen Kalenders.

Zwanzigstes Kapitel.

Die gregorianische Kalenderreform. — Das christliche Jahr alten und neuen Stils. — Einführungszeit des verbesserten Kalenders bei den verschiedenen Völkern. — Unterschied zwischen den Daten des julianischen und gregorianischen Jahres. — Zeitrechnung der Russen.

Das Concil von Nicäa im Jahre 325 war der Meinung, daß die Frühlingsnachtgleiche nach dem julianischen Kalender stets auf den 21. März fallen müßte: für so genau übereinstimmend hielt man die Schaltvorschriften Cäsar's mit der wahren Länge des Sonnenjahres. Doch verhält es sich wesentlich anders: während dem julianischen Kalender eine Jahreslänge von $365^1/_4$ Tagen zu Grunde liegt, beträgt der wahre Werth derselben nur 365,242264 Tage. Wir wollen untersuchen, welchen Einfluß dieser Unterschied auf die Stellung der Sonne an einem bestimmten Tage, dem 21. März zum Beispiel, ausüben muß.

Wenn in einem julianischen Jahre das Aequinoctium richtig am 21. März eingetreten ist, so wird dasselbe im darauf folgenden Jahre um so viel früher wiederkehren, als der Unterschied zwischen 0,25 und 0,242264 Tagen beträgt. Wie gering diese Differenz auch sein mag, so müssen doch im Laufe der Jahre ganze Tage daraus entstehen, weil der Betrag alljährlich von Neuem in demselben Sinne sich summirt. Die Temperatur, die anfänglich dem 21. März zukam, wird folglich nach und nach auf den 20., den 19., den 18. u. s. w. fallen, so daß wir zu einem gerade entgegengesetzten Ergebnisse gelangen, als früher bei der Anwendung des beweglichen ägyptischen Sonnenjahres der Fall war. Denn da letzteres eine kürzere Dauer hatte als das astronomische Jahr, so war, wie man sich erinnern wird, die Temperatur des 21. März successive auf den 22., den 23., den 24. März u. s. w. gerückt.

Infolge der kleinen Differenz zwischen dem julianischen Jahr von 365,25 Tagen und dem astronomischen Jahr von 365,242264 Tagen trat das Aequinoctium bereits im funfzehnten Jahrhundert nicht unbeträchtlich vor dem von der berühmten Kirchenversammlung ihm angewiesenen Datum ein. Es war von Wichtigkeit, diese Abweichung

nicht weiter wachsen zu lassen, denn schließlich würde ein Fest mitten in den Sommer gefallen sein — das Osterfest — dessen Feier den kirchlichen Vorschriften gemäß immer um eine nach den Umständen veränderliche Anzahl Tage nach dem 21. März folgen sollte, aber in den äußersten Fällen nicht nach dem 25. April eintreten konnte. Als die einzige Auskunft, um den gedachten Zweck zu erreichen, bot sich eine Abänderung der julianischen Schaltregel dar.

Der Cardinal Petrus de Alliaco (d'Ailly) schlug im Jahre 1414 dieses Mittel dem Concil von Constanz und dem Pabste Johann XXIII. vor, auch schrieb der Cardinal Nicolaus Cusa um die nämliche Zeit über den fraglichen Gegenstand. Früher schon hatte Roger Baco einen bestimmten Plan für die Kalenderreform ausgehen lassen. In der Absicht, diese Vorschläge zu prüfen, berief der Pabst Sixtus IV. den Astronomen Joh. Regiomontanus zu sich, allein der Tod des berühmten Mannes im Jahre 1476 bald nach seiner Ankunft in Rom, brachte neuen Aufschub in die schwierige Sache. Die Kirchenversammlung von Trident empfahl im Jahre 1563, bevor sie sich trennte, die Kalenderverbesserung dem Pabste ganz ausdrücklich. Endlich brachte es Gregor XIII. 1582 glücklich zur Aufstellung der ersehnten Reform, mit Unterstützung eines gelehrten Calabresen Namens Lilio.

Wir wiederholen: der Zweck dieser Reform sollte sein, die Länge des bürgerlichen Jahres dergestalt mit der des astronomischen in Einklang zu bringen, daß die Tage von gleichem Datum in den verschiedenen Jahren im Mittel dieselbe Temperatur darböten, daß also der Ackerbauer bei seinen Arbeiten sich beständig nach bestimmten Daten des bürgerlichen Jahres richten könnte.

Wie bereits erwähnt, betrug die Länge des julianischen Jahres $365\frac{1}{4}$ Tage*), während das astronomische Jahr, oder die Zeit, welche die Sonne braucht, um zu demselben Punkt ihrer Bahn, etwa zum Frühlingsnachtgleichenpunkte wieder zurückzukehren, nur

*) Allerdings konnte es Cäsar's Mitarbeiter, Sosigenes, nicht unbekannt sein, daß bereits 120 Jahre vor unserer Zeitrechnung Hipparch entdeckt hatte, daß das tropische Sonnenjahr etwas weniger als $365\frac{1}{4}$ Tage enthält; vielleicht aber glaubte er die erst in den Tausendtheilen des Tages merkliche Abweichung vernachlässigen zu dürfen.

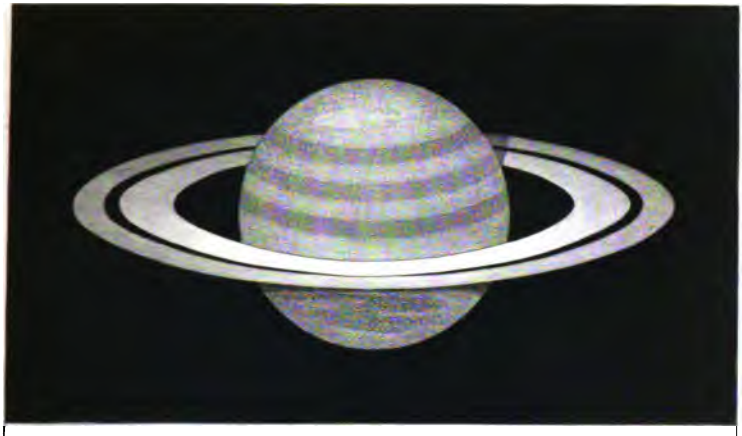


Fig. 346. Perspectivische Ansicht des Saturn und seines Ringes.

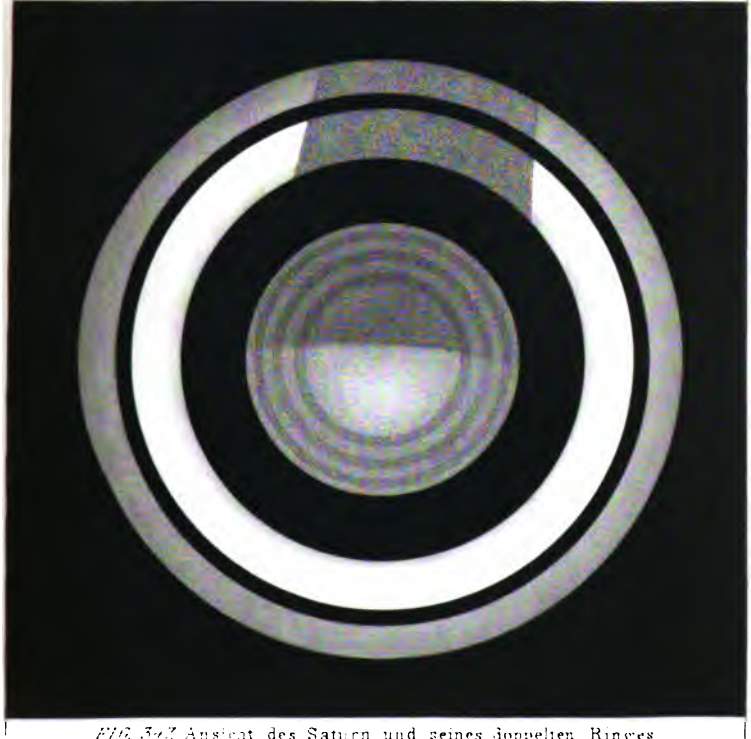


Fig. 347. Ansicht des Saturn und seines doppelten Ringes für einen in der Verlängerung der Axe des Planeten befindlichen Beobachter

365,242264 Tage umfaßt. Auf eine zu große Länge des Jahres gegründet, enthielt das julianiſche Einſchaltungsverfahren eine zu große Anzahl von Schaltjahren. Die gregorianiſche Verbeſſerung mußte alſo das Ziel im Auge haben, und hat daſſelbe erreicht, jene Anzahl auf eine regelmäßige Weiſe dergeſtalt zu verringern, daß man ſich der Länge des wahren Sonnenjahres nach Möglichkeit annäherte.

Im julianiſchen Kalender iſt jedes Jahr Schaltjahr, deſſen Jahreszahl ſich durch vier theilen läßt, folglich ſind die ſogenannten Säcularjahre, wie 1600, 1700, 1800, 1900 u. ſ. w. Schaltjahre, weil jede Zahl, deren Endziffern zwei Nullen ſind, durch vier theilbar iſt. Man kam alſo auf den Gedanken, ſolche Säcularjahre zu Gemeinjahren zu machen; allein damit wäre der entgegengeſetzte Fehler begangen worden, und der verbeſſerte gregorianiſche Kalender hätte im Gegentheil zu wenig Schaltjahre enthalten. Dieſen Fehler zu vermeiden, nahm man von den Säcularjahren nur diejenigen zu Schaltjahren, wo wiederum die Anzahl der Jahrhunderte ein Vielfaches von vier beträgt. Hiernach folgt auf je drei Gemeinjahre ein Schaltjahr und auf je drei gemeine Säcularjahre ein ſolches von 366 Tagen.

Aus dem Vorſtehenden erhellt, daß die julianiſche Schaltregel von der Vorſchrift des Pabſtes Gregor XIII. nur in den Säcularjahren abweichen kann. Das Jahr 1600 (oder 16 Jahrhunderte) iſt in beiden Syſtemen ein Schaltjahr, während die julianiſchen Schaltjahre 1700, 1800, 1900 Gemeinjahre im gregorianiſchen Kalender ſind. Dagegen wird das Jahr 2000 ſowohl im julianiſchen wie im gregorianiſchen Kalender 366 Tage zählen, weil 20 durch 4 aufgeht, u. ſ. w.

Um zu entſcheiden, ob ein gegebenes Säcularjahr ein Schaltjahr iſt oder nicht, hat man ein ſehr einfaches Verfahren zu befolgen: man laſſe auf der rechten Seite der fraglichen Jahreszahl die beiden Nullen fort, und unterſuche, ob die übrig bleibenden Ziffern durch vier theilbar ſind oder nicht: im erſten Falle iſt das Jahr ein Schaltjahr, im letzten ein Gemeinjahr.

Unterſuchen wir jetzt, mit welchem Grade von Genauigkeit die

vom gregorianiſchen Kalender vorausgeſetzte Jahreslänge ſich der Länge des aſtronomiſchen Jahres nähert. In der Wirklichkeit beſtehen 10000 Jahre aus 3652422,64 Tagen, während ſie im julianiſchen Kalender 3652500 Tage enthalten.

Es ergibt ſich ſomit ein Unterſchied von 77,36 Tagen zwiſchen der wahren Dauer von 100 Jahrhunderten und ihrer Länge nach dem julianiſchen Kalender.

Der letztere ſchrieb folglich eine zu große Anzahl von Schaltjahren vor, und es kam darauf an, ihre Zahl zu vermindern. Der ſich zuerſt darbietende Gedanke beſtand, wie bereits bemerkt, darin, alle die Schaltjahre wegzulaſſen, welche auf Säcularjahre fallen, d. h. auf ſolche Jahre, deren Jahreszahl eine runde Anzahl von Jahrhunderten ausdrückt. In 10000 Jahren aber, oder in 100 Jahrhunderten, kommen 100 Säcularjahre vor; zieht man alſo 100 von 3652500 ab, ſo bleiben nur 3652400 Tage übrig, welche Zahl um 22,64 Tage kleiner iſt als die von den Aſtronomen gefundene Länge von 10000 Jahren. Wollte man alſo die julianiſche Schaltregel durch Weglaſſung aller auf ein Säcularjahr fallenden Schaltjahre corrigiren, ſo würde man zuviel weglaſſen. Man verfiel deshalb auf die Auskunft in jedem vierten Säcularjahre das Schaltjahr wieder herzuſtellen, das zu viel weggenommen worden wäre. Statt 100 Schaltjahre fortzulaſſen, verſuchte man eine genügendere Annäherung an die Länge des aſtronomiſchen Jahres dadurch zu erzielen, daß man von den Schaltjahren des julianiſchen Kalenders nicht mehr 100, ſondern 100 weniger den vierten Theil von 100, oder 75, wegließ. Damit ergeben ſich für 10000 Jahre 3652425 Tage, ſo daß in 100 Jahrhunderten zwiſchen dem aſtronomiſchen und dem gregorianiſchen Jahre nur eine Differenz von 2,36 Tagen entſteht.

Mit anderen Worten, nach Verlauf von 10000 Jahren wird die mittlere zu Anfang der Periode beiſpielsweiſe dem 21. März entſprechende Temperatur zwei bis drei Tage früher, etwa den 18. März ſtattfinden. Demnach würden die Feldarbeiten, ſelbſt wenn man eine ſtrenge Fixirung derſelben auf beſtimmte Tage vorausſetzt, nach 100 Jahrhunderten eine Verſchiebung um nicht mehr als um zwei bis drei Mal vierundzwanzig Stunden erleiden, und man darf ſagen, daß die

gregorianiſche Reform mit aller erforderlichen Genauigkeit dem Zwecke genügt, welchen jedes Einſchaltungsſyſtem ſich vorzuſetzen hat.

Hierzu kommt, daß die erklärte Schaltvorſchrift auf ſehr einfachen Regeln beruht, und deßhalb einen beliebigen in gregorianiſchen Jahren ausgedrückten Zeitraum leicht in Tage umzuwandeln geſtattet.

Als im Jahre 1582 die gregorianiſche Verbeſſerung ins Leben treten ſollte, begnügte man ſich nicht für die Bedürfniſſe der Zukunft zu ſorgen, ſondern man wollte die Dinge nach Möglichkeit wieder auf den Stand zurückführen, in welchem ſie zur Zeit des nicäiſchen Concils geweſen waren. Da nun der von den Prälaten jener Kirchenverſammlung auf den 21. März angeſetzte Eintritt der Frühlingsnachtgleiche mittlerweile vorgerückt war und bereits am 11. März ſtattfand, ſo entſchloß man ſich zehn Tage fortzulaſſen und den auf den vierten October, den Tag des heiligen Franz folgenden Tag, ſtatt des fünften, den 15. October zu nennen. Dieß iſt der Urſprung der anfänglichen Differenz von zehn Tagen, welche lange Zeit hindurch zwiſchen den Ländern, wo die gregorianiſche Reform eingeführt war, und den proteſtantiſchen oder den der griechiſchen Kirche unterworfenen Gegenden in Bezug auf die Zeitrechnung beſtand. Dieſe Differenz unterſcheidet den alten Stil des chriſtlichen Kalenders vom neuen. Da das Jahr 1600 gleichzeitig im julianiſchen wie im gregorianiſchen Kalender ein Schaltjahr war, ſo blieb jener zehntägige Unterſchied im Laufe des ganzen ſiebzehnten Jahrhunderts unverändert, dagegen ſtieg er nach den oben gegebenen Regeln um einen Tag im Jahre 1700 und um einen zweiten im Jahre 1800, ſo daß die Abweichung gegenwärtig 12 Tage beträgt, um welche die Zeitrechnung der Ruſſen, die den julianiſchen Kalender beibehalten haben, hinter der der übrigen europäiſchen Völker zurückſteht.

Trotz ihrer unbeſtreitbaren Vorzüge fand die gregorianiſche Reform keineswegs unmittelbar und ohne Widerſtand Eingang, ſelbſt nicht in den katholiſchen Ländern. „Die Proteſtanten," ſo drückt ſich ein gelehrter Schriftſteller aus, „wollten lieber in Nichtübereinſtimmung mit der Sonne, als in Uebereinſtimmung mit dem römiſchen Hofe ſein."

Scaliger trug durch ſeine Kritik und mehr oder minder gegründe-

ten Ausstellungen nicht wenig zur Abneigung der nicht katholischen Länder vor der Einführung der gregorianischen Verbesserung bei.

In Rom trat die Reform dem päbstlichen Decrete gemäß mit dem 5 — 15. October 1582 ins Leben.

In Frankreich am 10. — 20. December des nämlichen Jahres 1582.

In Deutschland erfolgte die Annahme seitens der katholischen Länder im Jahre 1583 infolge der dringenden Verwendung von Rudolf II., die Protestanten ließen sich erst am 19. Februar — 1. März 1700 dazu bewegen.

Dänemark, Schweden (?) und die Schweiz folgten dem Beispiele Deutschlands, allein einige helvetische Gemeinden leisteten so hartnäckigen Widerstand, daß man Strafen und die bewaffnete Macht zu Hülfe nehmen mußte, um die Einführung durchzusetzen.

Polen nahm die Reform im Jahre 1586 an, trotz einer in Folge der Einführung zu Riga entstandenen aufrührerischen Bewegung.

In England entschloß man sich erst den 3. — 14. September 1752 zum Aufgeben des alten Stils, dessen Differenz mit dem neuen auf 11 Tage gestiegen war, weil das Jahr 1700 als Schaltjahr nach dem julianischen Kalender und als Gemeinjahr nach dem gregorianischen gerechnet wurde.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Vom Anfang des Jahres.

Bei den Völkern, wo das Jahr aus 354 oder 355 Tagen bestand und allein nach dem Mondlaufe sich richtete, mußte der Jahresanfang der Reihe nach auf alle Jahreszeiten fallen. Es hat daher wenig Interesse zu untersuchen, welches die ersten Monate dieser Mondjahre gewesen sind.

In den uns näherliegenden Zeiten haben für den Anfang

des Sonnenjahres fünf verschiedene Hauptzählungsarten Geltung gehabt.

Einige fingen das Jahr mit dem 25. December, d. i. mit Weihnachten, dem Geburtstage Jesu Christi an.

Andere wählten den 1. Januar, wie heutzutage allgemein geschieht.

Ferner galt der 1. März eine Zeitlang für den ersten Tag des Jahres.

Auch der Tag der Verkündigung Mariä, der 25. März wurde als Jahresanfang gebraucht.

Endlich ist der erste Osterfeiertag, obgleich Ostern ein bewegliches Fest ist und auf jeden Tag zwischen dem 22. März und dem 25. April fallen kann, bei einigen Völkern zum Anfang des Jahres genommen worden.

Beispiele für die angeführten Tage enthält folgende Tafel.

Jahresanfang zu Weihnachten:	In Frankreich, zur Zeit Karl's des Großen.
Der 1. Januar	In Deutschland gebräuchlich um 1500; in Frankreich vorgeschrieben durch ein Edict Karl's IX. im Jahre 1563; in England eingeführt zu Anfang 1752.
Der 1. März:	In Frankreich, um das Jahr 755.
Der 25. März:	In England bis zum Jahr 1752.
Ostern:	Als Jahresanfang in Frankreich gebräuchlich unter den Kapetingern, fast allgemein im 12. u. im 13. Jahrhundert.

Die nämliche Parlamentsacte, durch welche in England der gregorianische Kalender an der Stelle des julianischen eingeführt wurde, verkürzte das Jahr 1751 um ein Viertheil seiner Länge. Wie die vorhergehenden Jahre hatte das Jahr 1751 in England mit dem 25. März begonnen; folglich hätte man erst vom 25. März an die Jahreszahl ändern dürfen, allein man rückte das neue Jahr fast drei Monate vor, um mit den Völkern des Continents in Uebereinstimmung zu kommen.

Man ließ alſo das engliſche Jahr 1751 nicht ablaufen, ſondern zählte 1752 vom 1. Januar 1751 an, ſo daß die ganzen Monate Januar und Februar nebſt den 24 erſten Tagen des März für das Jahr 1751 verloren gingen. Hieraus erklärt ſich, wie Lord Cheſterfield, der die Bill eingebracht, beinahe ein Opfer der Aufregung des Volks geworden wäre, und warum man ihn überall mit den Worten verfolgte: gib uns unſere drei Monate wieder! Man hätte ſich vielleicht darein gefunden, die 11 Tage zu verlieren, welche im September 1752 weggelaſſen wurden, aber wenig Leute mochten es ſich gefallen laſſen, ſelbſt wenn es nur zum Scheine war, plötzlich um drei Monate älter zu werden.

Aus der erwähnten Aenderung zu Anfang 1752 erklärt ſich das doppelte Datum, welches man in vielen engliſchen aus den Monaten Januar, Februar, März jenes Jahres ſtammenden Schriftſtücken findet. So bedeutet z. B. der 15. Februar $\frac{1751}{1752}$ den 15. Februar 1751 alten Stils, d. h. nach der alten Sitte, das Jahr mit dem 25. März zu beginnen, dagegen den 15. Februar 1752 neuen Stils, wenn man ſich der vom Parlament verordneten Zählungsweiſe bedient, nach welcher der Jahresanfang auf den 1. Januar verlegt ward.

Als es Gebrauch war, das Jahr mit dem Oſterfeſte zu beginnen, erhielten die Jahre natürlicherweiſe verſchiedene Länge, und es konnte z. B. vorkommen, daß faſt zwei ganze Monate April auf ein und daſſelbe Jahr fielen. So begann das Jahr 1347 mit dem 1. April und ſchloß erſt am folgenden Oſterfeſte den 20. April (1348); folglich hießen im Jahre 1347 zwei Tage 1. April, zwei 2. April, zwei 3. April u. ſ. w. bis zum 19. April!

Die Griechen hatten erſt wie die Engländer den 25. März als Jahresanfang, wählten aber ſpäter den 1. September, welcher Tag bei den Ruſſen bis zur Regierung Peter's des Großen in Gebrauch blieb. Seitdem haben die Ruſſen ihr Jahr mit dem 13. Januar unſeres Jahres begonnen.

Lange Zeit widerſtrebte die Kirche einen Tag zum Neujahrstag zu nehmen, der den Namen einer heidniſchen Gottheit, des Janus trug; indeſſen fand man es ſchließlich doch bequemer, den erſten Tag

des Jahres auf den ersten Tag eines Monats zu verlegen, und so tritt der 1. Januar an die Stelle des 25. Decembers in Frankreich, Spanien, Italien, Deutschland, England, Amerika, u. s. w.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Vom Jahresanfang im republikanischen Kalender.

Nach dem im Jahre 1793 eingeführten republikanischen Kalender sollte der Anfang des Jahres sich von dem Jahrestage der Proclamation der Republik nur wenig entfernen. Das Herbstäquinoctium tritt im Laufe der vierundzwanzig Stunden eines bestimmten Tages ein; diesen Tag, von Mitternacht an gerechnet, nannte man den 1. Vendémiaire, und machte ihn zum ersten Tage des republikanischen Jahres.

Die Astronomen sollten den Augenblick der Nachtgleiche mit Hülfe der besten vorhandenen Tafeln berechnen, und der Anfang des Jahres dieser Bestimmung gemäß durch ein besonderes Decret festgesetzt werden.

Für diejenigen Jahre, welche einen sechsten Ergänzungstag erhalten mußten, war der Anfang folglich nicht im Voraus gegeben. Als man im Jahre 1806 den republikanischen Kalender wieder aufgab, um zu dem Kalender Julius Cäsar's mit der Verbesserung von Gregor XIII. zurückzukehren, wurde sehr richtig hervorgehoben, daß wenn das Herbstäquinoctium sehr nahe um Mitternacht pariser Zeit eintreten sollte, der gewissenhafteste Rechner, mit Rücksicht auf die kleinen Ungenauigkeiten, welche die besten Tafeln mit sich führen, nicht mit Sicherheit entscheiden könnte, ob die Sonne auf ihrem Wege von Norden nach Süden in der That vor oder nach jenem Augenblicke durch die Ebene des Aequators hindurchgehen würde. In einem solchen Falle wäre man also um einen ganzen Tag über den Anfang des Jahres in Zweifel.

Delambre hat bemerkt, daß den bekannten Tafeln zufolge der erste Tag des Jahres 144 der republikanischen Aera ungewiß bleiben würde[9]).

Indem die Gründer des republikaniſchen Kalenders den Jahresanfang von einer auf den Meridian von Paris bezüglichen Rechnung abhängig machen wollten, hätten ſie bei geringer Kenntniß des menſchlichen Herzens und der eingewurzelten Nationalitätsgefühle, aus dieſem Grunde allein ſchon vorausſehen können, daß ihr Kalender keine allgemeine Annahme finden würde.

Hatten ſie nicht bereits die unüberwindlichen Schwierigkeiten vor Augen, welche ſich einſtellten, als es ſich im Intereſſe der Wiſſenſchaft darum handelte, daß die verſchiedenen Nationen ſich zur Zählung der geographiſchen Längen in Bezug auf einen und denſelben Meridian vereinigen ſollten?

Dreiundzwanzigſtes Kapitel.

Von den Olympiaden und Luſtren.

Die Griechen hatten für die Zeit eine Abtheilung in Perioden, welche zwiſchen dem Jahr und dem Säculum lagen, und bezeichneten mit dem Namen Olympiade einen vierjährigen Cyclus, abgeſehen davon, ob derſelbe Schaltjahre enthielt oder nicht.

Die Römer zählten ſehr frühzeitig nach Luſtren. Unter Luſtrum ſcheint man nach den gelehrten Forſchungen Daunou's anfänglich einen Complex von vier Jahren, wie die Olympiaden, verſtanden zu haben: erſt ſpäter wurde das Luſtrum fünfjährig. Der letztere Werth wird von den Neuern allgemein angenommen.

Vierundzwanzigſtes Kapitel.

Von den Indictionen (Römerzinszahl).

Die Etymologie (?) des Wortes Indiction iſt nicht genau bekannt; man weiß nur, daß dieſer Ausdruck gebraucht wurde, um die unter Conſtantin von den Tribunalen zugeſtandenen Friſten zu bezeichnen.

Unter Indiction begreift man eine Periode von fünfzehn julianiſchen

Jahren, nach welcher die Geſchichtsſchreiber und die Chronologen zuweilen die Daten der Ereigniſſe gerechnet haben.

Man weiß nichts Gewiſſes über den Gründer der Indictionen; die ſehr verbreitete Vorſtellung, daß Conſtantin ſie eingeführt habe, um die Zählung nach der heidniſchen Eintheilung der Olympiaden nicht fortzuſetzen, entbehrt gleichwohl einer ſicheren Begründung.

Nur ſoviel läßt ſich mit Sicherheit ſagen, daß dieſe Zählungsweiſe weder *vor* Conſtantin noch *nach* dem fünften Jahrhundert entſtanden ſein kann. Der fünfzehnjährige Indictionscyclus hatte nicht etwa den Zweck, die Bewegungen der Sonne und des Mondes in Uebereinſtimmung zu bringen, ſondern iſt einfach eine rein conventionelle Periode, deren Länge zwiſchen die griechiſchen Olympiaden und die römiſchen Luſtra einerſeits und das Säculum andererſeits fällt.

Bei der Rechnung nach Indictionen wird vorausgeſetzt, daß dieſer Cyclus drei Jahre vor unſerer Zeitrechnung begonnen habe, indeſſen muß bemerkt werden, daß der Anfang nicht beſtändig auf daſſelbe julianiſche Datum fällt, woraus kleine Unterſchiede in den Reſultaten hervorgehen. Mit Gregor VII. haben die Päbſte den Beginn dieſer Periode auf den 1. Januar des Jahres 313 feſtgeſetzt, und die auf dieſe Epoche bezüglichen Angaben werden *römiſche Indictionen* genannt, bis zu Ende 1842 ſind 102 fünfzehnjährige Cyclen verfloſſen; der 103te hat 1843 begonnen und ſchließt mit dem Jahre 1857.

Fünfundzwanzigſtes Kapitel.

Das Säculum.

Das *Säculum* oder Jahrhundert iſt die größte Summe von Jahren, deren ſich das Publikum, die Aſtronomen und die Chronologen für die Eintheilung der Zeit im Allgemeinen zu bedienen pflegen.

Das Wort Saeculum hat nicht immer die nämliche Bedeutung gehabt. Bei den Römern unterſchied man die *natürlichen*

Säcula in Beziehung zum menſchlichen Leben, und die bürgerlichen Säcula. Die erſteren werden von den verſchiedenen Schriftſtellern zu 25, zu 30, zu 112 und zu 116 Jahren angegeben.

Plinius nennt eine Periode von 30 Jahren ein Saeculum.

Auch die bürgerlichen Säcula haben nicht bei allen Autoren gleiche Länge; Horaz nimmt ſie zu 110 Jahren an.

Gegenwärtig bezeichnet man durch Säculum (oder Jahrhundert) allgemein ohne Zweideutigkeit eine Periode von 100 Jahren [10]).

Sechsundzwanzigſtes Kapitel.

Von den Aeren.

Obgleich die Wahl der Aeren in den ſeltenſten Fällen aus aſtronomiſchen Gründen hervorgegangen iſt, will ich doch einige Worte darüber ſagen, weil das Wort Aera unvermeidlich in allen Kalendern vorkommt.

Die wahre Etymologie des Wortes Aera iſt ſehr ſtreitig: Einige leiten es aus dem Griechiſchen, Andere aus dem Lateiniſchen her, noch Andere ſuchen ſeinen Urſprung in der arabiſchen Sprache. Man hat ſelbſt behaupten wollen, aera ſei aus den vier Anfangsbuchſtaben der Formel ab exordio regni Augusti, (ſeit Anfang der Regierung des Auguſtus), abgekürzt A. E. R. A., entſtanden.

Siebenundzwanzigſtes Kapitel.

Von der Weltaera.

Der Gedanke, eine Aera aufzuſtellen, welche mit der Erſchaffung der Welt zuſammenfiele und des Uebelſtandes überhöbe, für ſehr frühe Ereigniſſe zu rückwärts gezählten Perioden ſeine Zuflucht zu nehmen, war ſehr natürlich. Er entſtand im Schooße der chriſtlichen

Kirche, wenn nicht im apoſtoliſchen Zeitalter, doch zu einer ſehr frühen Zeit. Unglücklicherweiſe aber bieten der hebräiſche Urtext der Bibel, der ſamaritaniſche Text und die griechiſche Ueberſetzung der Septuaginta zahlreiche Varianten dar. Hieraus entſtanden ſehr beträchtliche Unterſchiede in den darauf gegründeten Berechnungen, oder wenn man lieber will, in den phantaſtiſchen Combinationen derjenigen, welche ſich mit der Feſtſtellung dieſer Aera der Welt abgegeben haben.

Nach Julius Africanus geht die ſogenannte alexandriniſche Weltaera vor der chriſtlichen Zeitrechnung zurück auf das Jahr	5500 v. Chr.
Der Autor der antiochenischen Aera, der Mönch Panodoros, ſetzt den Anfang der Welt auf das Jahr	5493 „ „
Die ſogenannte byzantiniſche oder conſtantinopolitaniſche Weltaera der Griechen entſpricht dem Jahre	5509 „ „
Scaliger leitete aus ſeinen Unterſuchungen her das Jahr	3950 „ „
Der Pater Pezron fand	5873 „ „
Uſher (Uſſerius) gab die Zahl	4004 „ „

Die letzte Angabe iſt die von Boſſuet und Rollin angenommene.

Wir verzichten darauf, die obige Tafel weiter fortzuſetzen: wir könnten gegen zweihundert verſchiedene Hypotheſen anführen, die man bei der Zählung nach Jahren der Welt zu Grunde gelegt hat.*)

Achtundzwanzigſtes Kapitel.

Von der olympiſchen Aera.

Die am allgemeinſten angenommene Aera der Olympiaden beginnt mit dem Jahre 776 vor Chriſti Geburt. In dieſem Jahre war

*) Der jüdiſche Geſchichtsſchreiber Joſephus ſetzte die Erſchaffung der Welt auf das Jahr 4163 vor unſerer Zeitrechnung; andere jüdiſche Autoren vergrößern das Alter der Welt bis auf 6524 Jahre vor der chriſtlichen Aera.

Koröbos Sieger in den olympischen Spielen, welche der Sage nach von Hercules gestiftet und seit langer Zeit unterbrochen gewesen waren.*) Von der Wiederaufnahme der Spiele im Jahre 776 an datirte die feierliche Eintragung der Namen der Sieger in die officiellen Register.

Die erste Olympiade begann $775\frac{1}{2}$ Jahre vor Christi Geburt; man erhält folglich die einem beliebigen Olympiadenjahre entsprechende Jahreszahl, wenn man zum Datum des christlichen Jahres 776 hinzufügt; das Jahr einer Olympiade beginnt im Julius.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Die Aera von der Gründung Roms.

Diese Aera bedarf keiner näheren Erklärung. Wenn man sich der Ansicht Varro's über ein Ereigniß, dessen Datum der Natur der Sache nach sehr ungewiß sein muß, anschließen will, so ergibt sich, wie von den Neueren ziemlich übereinstimmend angenommen wird, daß Rom 753 Jahre vor Christi Geburt gegründet worden ist. Unsere Zeitrechnung begann also mit dem 754sten Jahre nach Erbauung Roms (ab urbe condita), und um ein gregorianisches Datum auf diese Aera zu reduciren, muß man die Jahreszahl um 753 vergrößern.

Dreißigstes Kapitel.

Von der Aera des Nabonassar.

Die nabonassarische Aera begann im Jahre 747 vor Christi Geburt.

Es läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, daß diese Aera zur Bezeichnung des Datums irgend eines in socialer, politischer oder militärischer Beziehung wichtigen Ereignisses aufgestellt worden sei

*) Dieser Koröbos, seines Zeichens ein Koch, trug den Preis im Wettlauf davon.

Nichts beweiſt, daß die Gründung der babyloniſchen Herrſchaft, mit einem der Trümmer des aſſyriſchen Reiches nach dem Tode Sardanapal's, dem Nabonaſſar zugeſchrieben werden müſſe, ſo wenig als man Grund hat, dieſen Fürſten als das Haupt oder den Begründer einer neuen Dynaſtie anzuſehen, oder die Einführung des ägyptiſchen Jahres in Chaldäa an ſeinen Namen zu knüpfen. Nabonaſſar war ein uns unbekannter König, berühmt geworden erſt durch die alten Aſtronomen und insbeſondere durch Ptolemäus, welcher die ſeinen Namen tragende Aera zum Ausgangspunkte ſeiner Rechnungen wählte. Man erhält die Beziehung zwiſchen einem gregorianiſchen und einem nabonaſſariſchen Jahre, indem man 747 zum Datum unſeres Jahres hinzufügt.

Einunddreißigſtes Kapitel.

Von der chriſtlichen Aera.

Länger als fünf Jahrhunderte hindurch hatten die Chriſten keine eigenthümliche Zeitrechnung. Die chriſtliche Aera ward zum erſten Mal im Jahre 532 von einem aus Scythien gebürtigen Mönche der römiſchen Kirche, dem Abt Dionyſius, vorgeſchlagen, der ſeines kleinen Wuchſes halber den Beinamen Exiguus führte.

Dieſer Dionys der Kleine nahm alſo an, daß Jeſus Chriſtus in die Welt gekommen ſei am 25. December des römiſchen Jahres 753, und ſetzte das darauffolgende Jahr, 754 a. u. c. als das erſte Jahr der dionyſiſchen Aera feſt. Selbſt nach den Vorſtellungen des Dionyſius war demnach dieſes erſte Jahr nicht das der Geburt des Heilandes, vielmehr begann es erſt 7 Tage nach dem angenommenen Datum.

Zweiunddreißigſtes Kapitel.

Von der mohammedaniſchen Zeitrechnung oder der Aera der Hedſchra.

Die Hedſchra oder Hegira entſpricht dem Jahre 622 nach Chriſti Geburt.

Das Wort Hedſchra bedeutet Flucht, weil die Epoche der mohammedaniſchen Aera mit dem 16. Juli 622 beginnt, an welchem Tage Mohammed von Mekka nach Medina geflohen ſein ſoll. Auf den erſten Blick kann es auffallend erſcheinen, daß gerade dieſe Begebenheit als der Gipfelpunkt aus dem Leben des Propheten ausgewählt worden iſt; allein wie Voltaire richtig bemerkt, Mohammed war nie größer, als zu der Zeit, wo er heute flüchtig, den Tag darauf als Eroberer auftrat.

Da das muſelmänniſche Jahr ganz auf den Mondlauf baſirt iſt, ſo läßt ſich ein beliebiges Datum nur vermittelſt ziemlich verwickelter Rechnungen durch Jahre der Hedſchra ausdrücken, zu welchem Zwecke man eigene Hülfstafeln conſtruirt hat.

Dreiunddreißigſtes Kapitel.

Von der Aera des republikaniſchen Kalenders.

Die Schöpfer des neuen Kalenders, der in Frankreich dreizehn Jahre lang in Gebrauch geweſen, nahmen das Datum der Gründung der Republik, den 22. September 1792, zum Ausgangspunkte der republikaniſchen Aera.

Vierunddreißigſtes Kapitel.

Von den beweglichen Feſten des Kalenders der chriſtlichen Kirche. — Beſtimmung des Oſterfeſtes.

Man pflegt Computiſten oder Feſtrechner diejenigen zu nennen, welche ſich auf die für den Kirchenkalender erforderlichen Rechnungen verſtehen.

Die hauptsächlichsten kirchlichen Feste richten sich nach der Bewegung des Mondes, und sind deshalb bewegliche Feste, d. h. sie entsprechen in den verschiedenen Jahren nicht dem nämlichen Datum.

Da die Auferstehung des Herrn bald nach der Frühlingsnachtgleiche erfolgt war, so wollte man Ostern in der Nähe jener astronomischen Erscheinung feiern.

Der Auferstehung ging ein Vollmond voran: deshalb erschien es zweckmäßig, die Bestimmung des Ostertages von dem Laufe unseres Satelliten abhängig zu machen.

Das Verfahren für die Bestimmung des Osterfestes in einem gegebenen Jahre ist folgendes. Zuvörderst wird angenommen, daß das Aequinoctium alljährlich am 21. März eintritt; hierauf sucht man den Tag des ersten auf die Nachtgleiche folgenden Vollmondes, und setzt Ostern auf den nächsten Sonntag nach diesem Vollmonde. Daraus folgt, daß Ostern nicht früher als den 22. März eintreffen kann, denn nach der eben erklärten Regel soll der erste Sonntag nach dem Vollmonde gewählt werden, wenn dieser Vollmond am 21. März oder nach demselben stattfindet.

Für die andere Grenze, oder den spätesten Termin, an welchem Ostern überhaupt gefeiert werden kann, ergibt sich der 25. April; in der That wird der Ostervollmond erst am 18. April eintreten, wenn zufällig am 20. März, also unmittelbar vor dem Aequinoctium, Vollmond gewesen ist, und fällt der 18. April gleichzeitig auf einen Sonntag, so kann Ostern erst eine Woche später, also am 25. April gefeiert werden. Am 22. März ist Ostern gefeiert worden in den Jahren 1598, 1693, 1761, 1818 und wird wieder auf diesen Tag fallen im Jahre 2285; dagegen war der 25. April Ostersonntag 1666, 1734 und wird es künftig sein 1886, 1943, 2038, 2190 u. s. f.

Zwischen den Grenzen des 22. März und 25. April (inclusive) liegen 35 verschiedene Tage, an denen Ostern möglicherweise eintreten kann.

Folglich können auch die übrigen beweglichen Feste, deren Stellung im Jahre stets durch eine bestimmte Anzahl Tage von Ostern unterschieden ist, wie Himmelfahrt, Pfingsten, das Fest der Dreieinig-

keit, das Frohnleichnamsfest, u. s. w., innerhalb eines Zeitraums von 35 Tagen variiren.

Zu der Zeit, als die Regeln für die Bestimmung des Osterfestes zuerst aufkamen, ging man, wie spätere Beobachtungen dargethan haben, von mangelhaften Vorstellungen über die Bewegung von Sonne und Mond aus; nichtsdestoweniger geschieht noch jetzt die Berechnung des Frühlingsvollmondes jenen unvollkommenen Ansichten gemäß, indem man wie später gezeigt werden soll, gewisse auf die güldene Zahl, die Epacten u. s. w. gegründete Perioden zu Hülfe nimmt.

Dieser conventionelle Ostervollmond, die sogenannte Ostergrenze (Terminus paschalis) kann einen oder zwei Tage früher oder später eintreffen, als der Zeitpunkt der wahren oder mittleren astronomischen Opposition von Mond und Sonne. Nicht selten hat das große Publikum, aus Unkenntniß, daß das Osterfest sich nach einem künstlichen, eingebildeten Vollmonde statt nach der wahren Phase richtet, in diesem Umstande Grund zur Beschwerde gesucht, und die Astronomen der Unwissenheit oder wenigstens der Unaufmerksamkeit gezieben, welche dem klaren Augenschein zuwider ungeschickter Weise die Ursache sein sollten, weshalb Ostern zuweilen einen Monat zu spät gefeiert würde. Indessen haben wie gesagt die Astronomen mit diesen Fehlern, oder besser mit diesen Abweichungen, Nichts zu schaffen.

So hätte z. B. nach dem wahren Mondlaufe Ostern im Jahre 1798 auf Sonntag den 1. April fallen sollen, statt dessen wurde es erst den folgenden Sonntag gefeiert. Eben so würde 1818 das Osterfest am 29. März eingetreten sein, wenn man den Mond wirklich beobachtet hätte, wogegen der cyclisch berechnete Vollmond den 22. März ergab [11]).

Man wirft oft die Frage auf, ob es nicht natürlicher gewesen wäre, den wahren Mond statt eines mittleren zur Richtschnur zu nehmen?

Die Bestimmung des Zeitpunktes, wann nach der Theorie der wahre Mond neu oder voll ist, hängt von den astronomischen Tafeln ab, welche man der Berechnung zu Grunde legt, und welche selbst beständig mehr vervollkommnet werden. Es könnte folglich der Fall eintreten, daß ein aus gewissen Tafeln gezogenes Resultat durch neue

Tafeln umgestoßen würde, so daß der Zeitpunkt für die Osterfeier sich im Voraus nicht mit Gewißheit hätte ermitteln lassen. Dieser Uebelstand dient vollständig zur Rechtfertigung dafür, daß man zur Berechnung des Osterfestes einen mittleren, cyclischen oder kirchlichen Mond gewählt hat.

Diesen triftigen Gründen läßt sich ein anderer hinzufügen, der in unseren Augen allerdings minder durchschlagend erscheint. Nach Clavius' Meinung durfte schon um deswillen die Feier des Osterfestes nicht von dem wahren Mondlaufe abhängig gemacht werden, weil alsdann das Fest mit dem Passah der Juden zusammenfiele, was sich nicht ziemen würde.

Die zahllosen Complicationen in der kirchlichen Festrechnung rühren daher, daß man sich nicht ausschließlich an das Sonnenjahr halten wollte. Indessen hätte die Kirche (wie selbst Clavius nicht umhin kann einzuräumen) das Recht gehabt, bei der Reform des Jahres 1582 dem Osterfeste seine Beweglichkeit zu nehmen und es unveränderlich etwa auf den ersten Sonntag im April festzusetzen.

Es kann hier nicht unseres Amtes sein, eine Erörterung der Formeln zu geben, mittelst deren z. B. Gauß den Tag zu berechnen gelehrt hat, auf welchen, den Vorschriften der Kirche gemäß, in einem bestimmten Jahre das Osterfest trifft[12]). Diese Rechnungen sind bereits mit Sicherheit für eine sehr große Reihe von Jahren ausgeführt; eine Wiederholung derselben würde folglich keinen andern Zweck haben, als die Neugierde des Rechners zu befriedigen.

Fünfunddreißigstes Kapitel.

Von der Anwendung der güldenen Zahl zur Bestimmung des Datums der kirchlichen Feste.

Wir haben bereits oben (13. Kapitel, S. 542) des einfachen Verhältnisses gedacht, welches Meton zwischen der Dauer des astronomischen Jahres und dem Verlaufe der Lunationen aufstellen zu können glaubte. Wir sahen, daß nach Meton 19 astronomische Jahre

mit 235 ſynodiſchen Mondmonaten eine gleiche Anzahl Tage enthielten, ſo daß nach dem Ablaufe von je neunzehn Jahren alle Mondphaſen an denſelben Tagen des Sonnenjahres, an den Tagen vom nämlichen Datum, wiederkehren ſollten.

Angenommen nun, man theile mit Meton die Zeit in lauter neunzehnjährige Perioden, und es treffe in einer dieſer Perioden der Vollmond z. B. auf den 3. März des fünften Jahres, ſo wird auch in allen folgenden Perioden der Mond jedesmal am 3. März des fünften Jahres voll ſein, und analog verhält es ſich mit den übrigen Phaſen. Es wird demnach ausreichen, im Verlaufe einer einzigen, beliebigen Ausgangsperiode von 19 Jahren dieſe Phaſen zu beobachten, um im Stande zu ſein, dieſelben für jede andere Periode von gleicher Dauer, und in beliebigem Abſtande von der erſt angenommenen, mit Sicherheit vorherzuſagen.

Die Zahlen der erſten Periode und die entſprechenden aller übrigen werden *güldene Zahlen* genannt.

Die güldenen Zahlen gehen alſo von 1 bis 19 incluſive.

Mit Hülfe dieſer güldenen Zahlen und unter Zugrundelegung von Mondbeobachtungen, welche in einer neunzehnjährigen Ausgangsperiode angeſtellt worden waren, beſtimmte man vor der Kirchenverſammlung von Nicäa die Mondphaſen für ein beliebiges Jahr. Man war übereingekommen, den erſten Tag im erſten Jahre einer Meton'ſchen neunzehnjährigen Periode einem Neumonde entſprechen zu laſſen. Die Cyclen, auf welche die Kirche ihre Rechnung gegründet hat, bilden nicht die Fortſetzung der früher angewandten Perioden, ſondern zwiſchen beiden Reihen findet ſich eine Lücke.

Sechsunddreißigſtes Kapitel.

Die Epacten (Mondzeiger). — Die kirchliche Feſtrechnung.

Das Wort *Epacte* kommt von einem griechiſchen Worte, welches etwas Hinzugefügtes, einen Ueberſchuß bezeichnet, und hat dieſelbe Wurzel mit Epagomenen.

Zur Zeit des nicäanischen Concils ersann man für die Berechnung des Neumondes, und folglich auch desjenigen Vollmondes, nach dessen Eintreffen sich die Feier des Osterfestes richtet, ein eigenthümliches Verfahren. Der Zweck desselben war, der Berücksichtigung früherer Beobachtungen des Mondes überhoben zu sein, welche bei Anwendung der Meton'schen oder auf die güldenen Zahlen gegründeten Methode erfordert wurden; — das neue Verfahren heißt die Epactenrechnung.

Wenn das Alter des Mondes am ersten Tage eines Jahres bekannt ist, so kann man leicht alle diejenigen Tage desselben Jahres bestimmen, an denen der Mond neu oder voll ist. Für die Anwendung im kirchlichen Kalender genügt es also, das Alter des Mondes am ersten Januar jedes Jahres zu wissen, und dieses Alter nennt man die Epacte.

Ueber die Bestimmung der Epacten setzte das Concil zu Nicäa Folgendes fest:

Wenn am Anfangstage des Jahres um Mitternacht Neumond stattfindet, so tritt auch Neumond ein am 355sten Tage desselben Jahres, weil zwölf Lunationen 354 Tage enthalten, und wenn außerdem das Jahr ein Gemeinjahr ist, so wird das Mondalter 11 Tage betragen, wenn das neue Jahr beginnt. Die Zahl XI ist folglich die Epacte des zweiten Jahres und dient weiter zur Bestimmung aller Neumonde in diesem Jahre.

Wiederum wird nach 12 Lunationen oder 354 Tagen das Alter des Mondes am 355sten Tage des zweiten Jahres 11 Tage sein; folglich ist 11 Tage später, oder zu Anfang des dritten Jahres, der Mond 22 Tage alt, und XXII wird die Epacte des dritten Jahres.

Am 355sten Tage des dritten Jahres wird das Mondalter abermals durch 22 ausgedrückt; zu Anfang des vierten, oder nach elf Tagen, erhält man folglich 33 Tage für das Mondalter, mit andern Worten, es läuft eine dreizehnte Lunation im verflossenen Jahre ab, und die Epacte des vierten Jahres wird III. Indem man auf dieselbe Weise stets 11 Tage zur Epacte eines Jahres hinzufügt und 30 abzieht, wenn die Summe diese Zahl übertrifft, so erhält man die Epacten aller folgenden Jahre des Cyclus. Die Reihenfolge der einer

neunzehnjährigen Periode oder dem Meton'ſchen Cyclus entſprechenden Epacten wird demnach:

Güldne Zahlen.	Epacten.
1	*
2	XI
3	XXII
4	III
5	XIV
6	XXV
7	VI
8	XVII
9	XXVIII
10	IX
11	XX
12	I
13	XII
14	XXIII
15	IV
16	XV
17	XXVI
18	VII
19	XVIII

Da vorausgeſetzt worden iſt, daß auf den erſten Tag des erſten Jahres des Meton'ſchen Cyclus ein Neumond fällt, ſo folgt, daß beim Uebergange von der neunzehnten Epacte eines Cyclus zur erſten Epacte des nächſtfolgenden Cyclus nicht 11 ſondern 12 hinzuzufügen iſt; in dieſer Addition liegt die ungefähre Ausgleichung des in der doppelten Vorausſetzung begangenen Fehlers, daß nämlich 12 Lunationen genau 354 Tage enthalten, und daß 365 Tage ein Jahr ausmachen ſollen.

Aus der vorſtehenden Auseinanderſetzung erhellt, daß zwiſchen den Epacten und den entſprechenden güldenen Zahlen ein nothwendiger Zuſammenhang ſtattfindet, ſo daß wenn eines von dieſen Elementen der Feſtrechnung gegeben iſt, daraus unmittelbar das zugehörige gefunden werden kann. Wenn 4 die güldene Zahl iſt, ſo gehört dazu die dem vierten Jahre entſprechende Epacte, oder III; iſt dagegen die Epacte IX gegeben, ſo folgt die güldene Zahl 10, weil jene Epacte im zehnten Jahre eintritt.

Die regelmäßige Reihenfolge der Epacten wird aber modificirt

durch die Schaltjahre des julianiſchen und des gregorianiſchen Kalenders.

Als der Papſt Gregor XIII. die ſeinen Namen tragende Kalenderreform einführte, war er bemüht nie ohne dringende Nothwendigkeit von den Vorſchriften der nicäaniſchen Kirchenverſammlung vom Jahre 325 abzuweichen. Deshalb behielt er die damals aufgeſtellten und im Vorſtehenden dargelegten Regeln für die Berechnung des Mondalters zu Anfang jedes Sonnenjahres, oder, was daſſelbe iſt, für die Berechnung des erſten mittleren Neumondes bei, womit natürlich auch die Epochen der Vollmonde und des davon abhängigen Oſterfeſtes gegeben waren. Ich bemerke, daß die aus den kirchlichen Epacten hervorgehenden mittleren Neumonde von der aſtronomiſchen Berechnung der wahren Mondphaſen um einen, auch um zwei Tage abweichen können.

Siebenunddreißigſtes Kapitel.

Die Sonntagsbuchſtaben. — Der immerwährende Kalender.

Den Gebet- oder Geſangbüchern hat man ſehr frühzeitig einen ſogenannten immerwährenden, d. h. einen für alle Jahre eingerichteten Kalender beigegeben. Ein ſolcher beſteht aus verticalen Columnen, in denen der Reihe nach die verſchiedenen Monatstage ſtehen: 1, 2, 3, 4 u. ſ. w. Rechts daneben befindet ſich eine weitere Columne für die ſogenannten unbeweglichen Feſte, welche an einem beſtimmten Datum gefeiert werden. Es lag nahe, daß man in dieſem Kalender die den einzelnen Monatstagen entſprechenden Wochentage beiſchrieb, um zu wiſſen, wann der Sonntag, ein beweglicher Feſttag, zu feiern war. Da aber das Jahr von 365 Tagen einen Tag mehr als 52 Wochen ($365 = 7 \times 52 + 1$) enthält, ſo wird, wenn Neujahr auf einen Sonntag fällt, auch der 365ſte Tag, der letzte Tag des Jahres, ein Sonntag ſein und das nächſtfolgende Jahr mit Montag beginnen; aus demſelben Grunde fängt das dritte Jahr mit einem Dienſtag an, u. ſ. w. Denkt man ſich alſo etwa links von der verticalen Columne der Monatstage für ein beſtimmtes Jahr die ent-

ſprechenden Wochentage eingetragen, ſo würden dieſe Angaben ſchon im nächſtfolgenden Jahre nicht mehr richtig ſein; man müßte ſie wegſtreichen und durch neue Namen erſetzen. Stände z. B. Sonntag neben dem 1. Januar eines gewiſſen Jahres, ſo müßte im folgenden Jahre Montag an die Stelle des Sonntags treten u. ſ. w.

Um dieſe beſtändigen Namenänderungen zu vermeiden, welche den gedachten Tabellen den Charakter eines immerwährenden Kalenders rauben, und die häufige Erneuerung des gedruckten zur alljährlichen Eintragung der Namen beſtimmten Blattes erfordern würden, hat man die Einrichtung der Sonntagsbuchſtaben erdacht. Zu aſtronomiſchen Theorieen ſteht dieſe Erfindung in keinerlei Beziehung, ſondern beruht einzig und allein auf dem angegebenen Nützlichkeitsgrunde. Einem in den älteſten römiſchen immerwährenden Kalendern zur Bezeichnung der Markttage oder Nundinalia eingeführten Gebrauche analog, entſchloß man ſich die Reihenfolge der Tage durch die ſieben erſten Buchſtaben des Alphabets auszudrücken, welche ſich vom 1. Januar bis zum 31. December beſtändig in derſelben Ordnung wiederholen.

Der Buchſtabe A bezeichnet unveränderlich den erſten Tag des Jahres, den 1. Januar, denn ſonſt wäre man dem Uebelſtande, den man vermeiden wollte, nicht entgangen, und der Kalender wäre kein immerwährender. Ebenſo entſpricht B dem zweiten, C dem dritten Tage u. ſ. f. bis zum Buchſtaben G, der neben dem ſiebenten Tage ſteht. Hierauf beginnt die Reihenfolge von Neuem mit dem Buchſtaben A neben dem Datum des 8. Januar, B erſcheint neben dem 9., u. ſ. w.

Geſetzt, ein Jahr beginne mit Sonntag, ſo iſt A der Sonntagsbuchſtabe dieſes Jahres, denn überall, wo A ſteht, iſt der entſprechende Monatstag ein Sonntag. Wir ſahen aber vorhin, daß ein Jahr, das mit Sonntag anfängt, auch mit Sonntag ſchließt. Da folglich der 1. Januar des nächſtfolgenden Jahres auf einen Montag fällt, ſo wird für das zweite Jahr der Buchſtabe A in der unveränderlichen Tabelle jedesmal einen Montag anzeigen. Dagegen ergibt ſich ſogleich aus der alphabetiſchen Reihenfolge A, B, C, D, E, F, G der Buchſtabe G für den Sonntag, ſo daß G der Sonntagsbuchſtabe im

zweiten Jahre wird, und überall, wo im immerwährenden Kalender G steht, fällt das entsprechende Datum auf einen Sonntag. Da das zweite Jahr mit Montag anfängt und mit demselben Tage schließt, so beginnt das dritte Jahr mit Dienstag, und der jedem 1. Januar zugehörende Buchstabe A entspricht jetzt dem Dienstag. Der Sonntag kommt erst fünf Tage später, folglich muß man, um den Sonntagsbuchstaben zu finden, von A um fünf Stellen weiter gehen und gelangt zum F als dem Sonntagsbuchstaben des dritten Jahres. Damit werden die sieben Buchstaben A, B, C, D, E, F, G in ihrer umgekehrten Reihenfolge G, F, E, D, C, B, A die Sonntagsbuchstaben der aufeinanderfolgenden Jahre, bis nach dem Verlaufe von sieben Jahren, oder mit dem Beginne des achten, A wieder Sonntagsbuchstabe wird und Alles in der nämlichen Ordnung von Neuem wiederkehrt.

Allerdings darf man nicht übersehen, daß die vorstehenden Schlüsse und Rechnungen auf der Voraussetzung beruhen, daß die Länge des Jahres 365 Tage beträgt, oder 52 Wochen nur um einen Tag übertrifft; allein die Schaltjahre enthalten 366 Tage, folglich zwei Tage mehr als 52 Wochen. Dieser Ueberschuß muß die Ordnung der den verschiedenen Monatstagen in dem immerwährenden Kalender beigeschriebenen Buchstaben stören, denn da in einem Schaltjahre der 366ste Tag nach dem 28. Februar seine Stelle gefunden, so nimmt offenbar dieser Schalttag, der 29. Februar, den Buchstaben weg, der außerdem neben dem 1. März seinen Platz haben würde. Die Schaltjahre zählen folglich zwei Sonntagsbuchstaben, einen für Januar und Februar, und einen andern für März und die übrigen Monate des Jahres bis Ende December.

Zu Nutz und Frommen der Personen, welche sich der den Gebetbüchern angehängten immerwährenden Kalender bedienen wollen, pflegt das Jahrbuch des Längenbureau (Annuaire du bureau des longitudes) alljährlich die Sonntagsbuchstaben anzugeben. Folgende Tabelle enthält den immerwährenden gregorianischen Kalender der Epacten und Sonntagsbuchstaben, um die Neumonde, die Wochentage und das Datum des Osterfestes zu finden, von dem die übrigen beweglichen Feste um eine bestimmte Anzahl Tage unterschieden sind.

	Januar.		Februar.		März.		April.		Mai.		Juni.	
Monatstage.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.
1	A	*	D	XXIX	D	*	G	XXIX	B	XXVIII	E	XXVII
2	B	XXIX	E	XXVIII	E	XXIX	A	XXVIII	C	XXVII	F	XXVI
3	C	XXVIII	F	XXVII	F	XXVIII	B	XXVII	D	XXVI	G	XXV / XXIV
4	D	XXVII	G	XXVI	G	XXVII	C	XXVI	E	XXV	A	XXIII
5	E	XXVI	A	XXV / XXIV	A	XXVI	D	XXV / XXIV	F	XXIV	B	XXII
6	F	XXV	B	XXIII	B	XXV	E	XXIII	G	XXIII	C	XXI
7	G	XXIV	C	XXII	C	XXIV	F	XXII	A	XXII	D	XX
8	A	XXIII	D	XXI	D	XXIII	G	XXI	B	XXI	E	XIX
9	B	XXII	E	XX	E	XXII	A	XX	C	XX	F	XVIII
10	C	XXI	F	XIX	F	XXI	B	XIX	D	XIX	G	XVII
11	D	XX	G	XVIII	G	XX	C	XVIII	E	XVIII	A	XVI
12	E	XIX	A	XVII	A	XIX	D	XVII	F	XVII	B	XV
13	F	XVIII	B	XVI	B	XVIII	E	XVI	G	XVI	C	XIV
14	G	XVII	C	XV	C	XVII	F	XV	A	XV	D	XIII
15	A	XVI	D	XIV	D	XVI	G	XIV	B	XIV	E	XII
16	B	XV	E	XIII	E	XV	A	XIII	C	XIII	F	XI
17	C	XIV	F	XII	F	XIV	B	XII	D	XII	G	X
18	D	XIII	G	XI	G	XIII	C	XI	E	XI	A	IX
19	E	XII	A	X	A	XII	D	X	F	X	B	VIII
20	F	XI	B	IX	B	XI	E	IX	G	IX	C	VII
21	G	X	C	VIII	C	X	F	VIII	A	VIII	D	VI
22	A	IX	D	VII	D	IX	G	VII	B	VII	E	V
23	B	VIII	E	VI	E	VIII	A	VI	C	VI	F	IV
24	C	VII	F	V	F	VII	B	V	D	V	G	III
25	D	VI	G	IV	G	VI	C	IV	E	IV	A	II
26	E	V	A	III	A	V	D	III	F	III	B	I
27	F	IV	B	II	B	IV	E	II	G	II	C	*
28	G	III	C	I	C	III	F	I	A	I	D	XXIX
29	A	II			D	II	G	*	B	*	E	XXVIII
30	B	I			E	I	A	XXIX	C	XXIX	F	XXVII
31	C	*			F	*			D	XXVIII		

	Juli.		Auguſt.		September.		October.		November.		December.	
Monatstage.	Sonntagsbuchſt.	Epacten.	Sonntagsbuchſt.	Epacten.	Sonntagsbuchſt.	Epacten.	Sonntagsbuchſt.	Epacten.	Sonntagsbuchſt.	Epacten.	Sonntagsbuchſt.	Epacten.
1	G	XXVI	C	XXV / XXIV	F	XXIII	A	XXII	D	XXI	F	XX
2	A	XXV	D	XXIII	G	XXII	B	XXI	E	XX	G	XIX
3	B	XXIV	E	XXII	A	XXI	C	XX	F	XIX	A	XVIII
4	C	XXIII	F	XXI	B	XX	D	XIX	G	XVIII	B	XVII
5	D	XXII	G	XX	C	XIX	E	XVIII	A	XVII	C	XVI
6	E	XXI	A	XIX	D	XVIII	F	XVII	B	XVI	D	XV
7	F	XX	B	XVIII	E	XVII	G	XVI	C	XV	E	XIV
8	G	XIX	C	XVII	F	XVI	A	XV	D	XIV	F	XIII
9	A	XVIII	D	XVI	G	XV	B	XIV	E	XIII	G	XII
10	B	XVII	E	XV	A	XIV	C	XIII	F	XII	A	XI
11	C	XVI	F	XIV	B	XIII	D	XII	G	XI	B	X
12	D	XV	G	XIII	C	XII	E	XI	A	X	C	IX
13	E	XIV	A	XII	D	XI	F	X	B	IX	D	VIII
14	F	XIII	B	XI	E	X	G	IX	C	VIII	E	VII
15	G	XII	C	X	F	IX	A	VIII	D	VII	F	VI
16	A	XI	D	IX	G	VIII	B	VII	E	VI	G	V
17	B	X	E	VIII	A	VII	C	VI	F	V	A	IV
18	C	IX	F	VII	B	VI	D	V	G	IV	B	III
19	D	VIII	G	VI	C	V	E	IV	A	III	C	II
20	E	VII	A	V	D	IV	F	III	B	II	D	I
21	F	VI	B	IV	E	III	G	II	C	I	E	*
22	G	V	C	III	F	II	A	I	D	*	F	XXIX
23	A	IV	D	II	G	I	B	*	E	XXIX	G	XXVIII
24	B	III	E	I	A	*	C	XXIX	F	XXVIII	A	XXVII
25	C	II	F	*	B	XXIX	D	XXVIII	G	XXVII	B	XXVI
26	D	I	G	XXIX	C	XXVIII	E	XXVII	A	XXVI	C	XXV
27	E	*	A	XXVIII	D	XXVII	F	XXVI	B	XXV / XXIV	D	XXIV
28	F	XXIX	B	XXVII	E	XXVI	G	XXV	C	XXIII	E	XXIII
29	G	XXVIII	C	XXVI	F	XXV / XXIV	A	XXIV	D	XXII	F	XXII
30	A	XXVII	D	XXV	G	XXIII	B	XXIII	E	XXI	G	XXI
31	B	XXVI	E	XXIV			C	XXII			A	XX

Achtunddreißigſtes Kapitel.

Berechnung der Sonntagsbuchſtaben. — Sonnencyclus.

Die Chronologen und einige Aſtronomen haben ſich mit der directen Beſtimmung der Sonntagsbuchſtaben für ein beliebig gegebenes Jahr beſchäftigt.

Wenn man ſich erinnert, daß das erſte Jahr der chriſtlichen Zeitrechnung an einem Sonnabend begann, daß alſo A den Sonnabend bezeichnete, folglich B der Sonntagsbuchſtabe des Jahres 1, A des Jahres 2, G des Jahres 3 u. ſ. w. war, ſo gelangt man (mit gehöriger Berückſichtigung der Schaltjahre) leicht zu der gewünſchten Formel. Dieſelbe wird etwas complicirter, ſobald man ſie auf die Jahre nach 1582, alſo nach der Einführung des gregorianiſchen Kalenders, ausdehnt.

Hätten die Jahre ſämmtlich übereinſtimmend 365 Tage, ſo würden ſich die Sonntagsbuchſtaben, jedes Jahr um eine Stelle zurückweichend, wie wir bereits auseinandergeſetzt haben, alle ſieben Jahre in derſelben Ordnung wiederholen.

Im julianiſchen Kalender iſt aber jedes vierte Jahr ein Schaltjahr von 366 Tagen. Dieſer 366ſte Tag verändert die numeriſche Reihenfolge, welche für das einfache bewegliche Jahr gelten würde, und erſt nach Ablauf einer Periode von achtundzwanzig Jahren können die Wochentage den Monatstagen wieder in der nämlichen Ordnung entſprechen. Dieſe letztere Periode hat man ſehr uneigentlich den Sonnencyclus oder Sonnencirkel genannt.

Wenn der Rang eines Jahres in einem Sonnencirkel gegeben iſt, ſo erhält man den zugehörigen Sonntagsbuchſtaben, indem man denſelben bei dem Jahre gleichen Ranges in der Tabelle der achtundzwanzig Jahre eines beliebigen vorhergehenden Cyclus aufſucht.

Da im gregorianiſchen Kalender die Länge der wiederkehrenden Einſchaltungsperiode 400 Jahre beträgt, ſo würde der Cyclus der Sonntagsbuchſtaben erſt nach 2800 Jahren vollſtändig ſein: eine ſo lange Periode aber hat keinen praktiſchen Nutzen.

Da die immerwährenden Kalender heutzutage gar wenig in Gebrauch ſind, ſo wäre es überflüſſig, hier länger bei dieſem Gegenſtande

zu verweilen. Ich habe ſelbſt das Vorſtehende nur aus dem Grunde aufgenommen, um die Bedeutung der unter der Rubrik Sonnencirkel aufgeführten Zahl zu erläutern, welche infolge einer kaum zu lobenden Gewohnheit im Jahrbuche des Längenbureau figurirt.

Neununddreißigſtes Kapitel.

Von den Feſten der Mohammedaner.

Die mohammedaniſche Religion ſtellt gleich der chriſtlichen eine gewiſſe Zahl von Jahrestagen auf, welche von den Gläubigen feierlich begangen werden. Da der Kalender ebenſo wie die religiöſen Feſte nach dem Mondlaufe geordnet iſt, ſo hat die Fixirung der letzteren keine Schwierigkeit.

Der 1. Moharrem iſt der erſte Tag im Jahre.

Die zehn erſten Tage deſſelben Monats ſind, vornämlich bei den Schiiten (den Anhängern Ali's), d. h. in Meſopotamien, Perſien und Oſtindien, dem Gedächtniß des Huſſein, Sohnes von Ali, gewidmet, der am 10. Moharrem zu Kerbelah ermordet wurde. Dieſer Tag heißt achurà, und wird durch Faſten begangen.

Der 29. Safar iſt der Jahrestag vom Tode des Propheten.

Der 12. Rebi-el-awwel iſt ſein Geburtstag, und heißt maulud, Geburt.

Der 20. Dſchemâdi-el-awwel iſt der Jahrestag der Einnahme von Conſtantinopel.

Am 29. Redſcheb fuhr Mohammed auf ſeinem Eſel Borak gen Himmel.

Am 15. Schabân fiel der Koran ganz vom Himmel herab.

Der Monat Ramadân iſt der Faſtenmonat: vom erſten Gebet an, zwei Stunden vor Sonnenaufgang bis zu ihrem Untergange enthält man ſich von Speiſe und Trank, vom Rauchen und von allen anderen Genüſſen. Auf den 27. dieſes Monats fällt die Nacht der Macht (leil ul kadr), in welcher der Koran vom Himmel zu fallen begann.

Die Faſtenzeit ſchließt mit dem 1. Schewwâl, und dieſes Ende

der Abſtinenz wird durch dreitägige Feſtlichkeiten gefeiert, Bairâm genannt (ein perſiſches Wort für Feſt).

Das höchſte von allen Feſten aber iſt das Kurban Bairâm, oder Opferfeſt, am 10. Dſû'l-hebſche, an welchem Tage in dem Thal von Mina bei Mekka geopfert und gepredigt wird. Zu dieſem Feſte unternehmen die Gläubigen die Pilgerfahrt nach der heiligen Stadt.

Vierzigſtes Kapitel.

Die Feſte der Juden.

Vor dem Auszuge aus Aegypten fingen, nach Daunou, die Hebräer ihr Jahr mit der Herbſtnachtgleiche an; nachdem ſie aber zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums im hebräiſchen Monate Niſan Aegypten glücklich verlaſſen hatten, verlegten ſie den Anfang ihres religiöſen Jahres dahin, während ſie in bürgerlichen Dingen den Monat Thiſchri als Anfangsmonat beibehielten, der ungefähr dem ägyptiſchen Thot entſprach, ſoweit überhaupt ein Mondmonat mit einem Sonnenmonat zuſammenfallen kann.

Die drei jüdiſchen Hauptfeſte: das Paſſahfeſt, das Feſt der Wochen und das Laubhüttenfeſt ſind zur Erinnerung an den Auszug aus Aegypten, an die Geſetzgebung auf dem Sinai und an den Einzug in das gelobte Land geſtiftet. Der erſte Tag des Paſſah (Oſtern) ſoll dem Frühlingsäquinoctium nahe liegen, aber demſelben nie vorhergehen, niemals auf einen der drei von uns Sonntag, Mittwoch oder Freitag genannten Wochentage fallen, und außerdem ſtets am 15. Niſan gefeiert werden. Da die abwechſelnden Mondmonate von 29 und von 30 Tagen nothwendiger Weiſe den 1. Niſan bald ſoweit verrücken würden, daß der 15. vor der Frühlingsnachtgleiche einträte, ſo verzögert oder beſchleunigt man nach Bedürfniß den Anfang des Jahres durch Einſchieben oder Weglaſſen des Schaltmonats. Das Wochenfeſt (Pfingſten) fällt jederzeit 50 Tage (ſieben Wochen) nach dem erſten Oſtertage und erfordert das Darbringen der Erſtlinge der Weizenerndte. Am 15. Thiſchri endlich findet das Laubhüttenfeſt ſtatt, nach Beendigung der Weinleſe und der Olivenerndte.

Man begreift leicht, welche Complication ſolche Vorſchriften in die Einrichtung des jüdiſchen Kalenders bringen mußten, der außer den drei genannten Hauptfeſten als Feiertage noch zählt, erſtens alle Sabbathe oder jeden ſiebenten Tag, ferner am 17. Thamus einen Faſttag zum Andenken an die Einnahme Jeruſalems, am 2. Thiſchri das Poſaunenfeſt, am 25. Kislev das Feſt der Lichter oder der Tempelweihe, u. ſ. w.

Einundvierzigſtes Kapitel.

Wird in Zukunft eine Zeit kommen, wo die Tage ſämmtlich gleiche Länge haben und das ganze Jahr hindurch dieſelbe Temperatur herrſcht?

Wie wir im vorigen Buche geſehen haben (32. Buch, Kap. 12, S. 454) zerfällt das Jahr in vier Jahreszeiten; der Frühling iſt die Zeit von der Tag- und Nachtgleiche Ende März bis zur Sommerſonnenwende; Sommer heißt der Zwiſchenraum zwiſchen dem gedachten Solſtitium und dem Herbſtäquinoctium; der Herbſt dauert ſo lange, als die Sonne Zeit braucht, um von der Herbſtnachtgleiche bis zur Winterſonnenwende zu gelangen, und der Winter endlich herrſcht auf der nördlichen Halbkugel vom Augenblicke des Durchganges der Sonne durch das Winterſolſtitium bis zum Frühlingsäquinoctium.

Obwohl die Sonne zwiſchen den beiden Aequinoctialpunkten genau einen Bogen von 180 Graden oder einen Halbzirkel zurücklegt, mag ſie ihren Weg vom Frühlings- zum Herbſtäquinoctium durch das Sommerſolſtitium nehmen, oder von der Herbſtnachtgleiche durch die Winterſonnenwende zum Frühlingspunkt gehen; obwohl demnach eine zwiſchen beiden Nachtgleichenpunkten gezogene Linie den Kreis der Ekliptik, welchen die Sonne vermöge ihrer ſcheinbaren eigenen Bewegung alljährlich am Himmel beſchreibt, in zwei gleiche Hälften theilt: ſo findet man doch, daß dieſe beiden Halbkreiſe nicht in gleichen Zeiten durchlaufen werden. Es hat ſich vielmehr ergeben (32. Buch, 21. Kapitel, S. 487), daß der Frühling und der Sommer zuſammen ungefähr 8 Tage länger dauern, als Herbſt und Winter.

Dieſer Unterſchied zwiſchen den Zeiten, in denen die nördliche und

die südliche Hälfte der jährlichen Sonnenbahn zurückgelegt wird, hat seinen Ursprung in dem Umstande, daß gegenwärtig das Perigäum oder der Punkt der Ekliptik, in welchem die Sonne sich mit der größten Geschwindigkeit bewegt, in dem südlichen Theile ihrer Bahn liegt. Früher hatte man aus der gedachten Abweichung die Erklärung für die auffallende meteorologische Erscheinung herleiten wollen, daß auf den beiden Hemisphären unserer Erde unter gleichen Breiten nicht die nämlichen Temperaturverhältnisse herrschen.

Wie wenig begründet diese Erklärung sei, ist bereits gezeigt worden (Buch 32, Kap. 16, S. 462); indessen will ich hier einige Worte über einen vorgeblichen Temperaturzustand hinzufügen, welchem die Erde nach der Meinung einiger Kosmologen allmälich entgegen gehen soll, jenen ewigen Frühling, den uns gewisse sogenannte wissenschaftliche Schriften, die man mit besserem Rechte Romane nennen würde, mit herrlichen Farben malen. Bei der ausführlichen und vollständigen Untersuchung über die Entstehung der Jahreszeiten, welche wir am geeigneten Orte gegeben haben (32. Buch, 12. Kap., S. 448 bis 456), hat sich herausgestellt, daß die an einem gegebenen Tage unter einer bestimmten Polhöhe, wie z. B. der von Paris, von der Sonne ausgestrahlte Wärme, so wie diejenige Wärmemenge, die sich daselbst anhäuft, von der Dauer des Tages, von der Neigung, unter welcher um Mittag die von der Sonne ausgehenden Strahlen die Erdoberfläche treffen, und von der Wärme der vorhergehenden Tage abhängt.

Alle diese Umstände sind offenbar in genauem Zusammenhange mit der Declination der Sonne; wenn also die letztere vermöge ihrer eigenen Bewegung unveränderlich in der Ebene des Aequators fortrückte, so würden Tag und Nacht auf der ganzen Erde beständig gleich sein, und die Winkel, unter denen alle Gegenstände in der Ausdehnung eines bestimmten Horizontes von den Sonnenstrahlen getroffen werden, müßten jeden Tag in demselben Maaße wachsen und abnehmen. Es wäre folglich im Allgemeinen kein Grund vorhanden, weshalb, von localen atmosphärischen Einflüssen abgesehen, sich Unterschiede in der Temperatur der verschiedenen Tage des Jahres zeigen sollten.

Die Beständigkeit der Temperaturverhältnisse für jeden Ort würde

ſich als eine unvermeidliche Folge des aſtronomiſchen Zuſtandes herausſtellen, von welchem wir ausgingen; allein es wäre ein großer Irrthum, wollte man die ſehr uneigentliche Benennung eines ewigen Frühlings dahin verſtehen, daß die Temperatur allenthalben die nämliche ſein müßte, ſo daß z. B. das Klima von Lappland mit dem von Spanien genau identiſch würde, u. dergl. Diejenigen, welche ſich des ungeeigneten Ausdrucks, ewiger Frühling, zuerſt bedienten, wollten damit nur ſagen, daß wenn die Sonne beſtändig in der Ebene des Aequators ſich bewegte, es an jedem Orte weder Frühling, noch Sommer, weder Herbſt, noch Winter geben würde, weil für einen beliebig gegebenen Ort auf der Erde alle Jahreszeiten unter ſich gleich ſein müßten; ſie behaupteten aber keineswegs, daß unter allen Breiten dieſelbe Temperatur herrſchen ſollte. Zur Berichtigung dieſes ziemlich weit verbreiteten Irrthums habe ich vorſtehende kurze Erläuterung niedergeſchrieben.

Uebrigens iſt zu bemerken, daß jenes von den Erfindern eines ewigen Frühlings vorausgeſetzte Zuſammenfallen der jährlichen Sonnenbahn mit dem Aequator überhaupt niemals eintreten wird. Allerdings iſt durch die Beobachtungen der Aſtronomen dargethan, daß die Ebene der Ekliptik, in welcher der von der Sonne alljährlich zurückgelegte Weg enthalten iſt, der Ebene des Aequators ſich gegenwärtig mit jedem Jahre mehr nähert, und man könnte daraus den Schluß ziehen, daß beide Ebenen früher oder ſpäter einmal zuſammenfallen würden. Allein aus der Theorie haben wir die Urſache dieſer Neigungsveränderung kennen lernen (23. Buch, 4. Kap., S. 19), und zugleich geſehen, daß wenn die Ekliptik während einer gewiſſen Zeit dem Aequator näher gerückt iſt, ſie ſich von demſelben wieder entfernen muß, mit andern Worten, daß der ganze Betrag der Schwankungen in der Neigung der Ekliptik innerhalb ſehr enger Grenzen eingeſchloſſen iſt, ſo daß in den klimatiſchen Verhältniſſen unſerer Erde daraus nur ſehr unbeträchtliche Veränderungen entſtehen können.

Zweiundvierzigstes Kapitel.

Iſt es denkbar, daß in vorhiſtoriſcher Zeit das Jahr aus einer runden Anzahl von Tagen, ohne Bruchtheile, beſtanden habe?

Die Umſtände, die den Kalender ſo verwickelt, die Chronologie ſchwierig und dunkel machen, hängen zum großen Theile damit zuſammen, daß man zur ganzen Zahl 365 noch Bruchtheile eines Tages hinzufügen muß, um die Länge des aſtronomiſchen Jahres zu erhalten. Verſchiedene Chronologen haben deshalb die Frage erörtert, ob das Verhältniß zwiſchen Jahres- und Tageslänge in der Vorzeit nicht etwa einfacher, als gegenwärtig, geweſen ſei.

Whiſton glaubte durch hiſtoriſche Zeugniſſe nachgewieſen zu haben, daß in den entlegenſten Zeiten mehrere Völker nach Jahren von 360 Tagen und nach Monaten von 30 Tagen rechneten. Als einzige Erklärung dieſes Umſtandes ſchien ihm die Annahme zuläſſig, daß die Monate und Jahre einſtmals in der That nur 30 und 360 Tage enthalten hätten, und daß aus blinder Anhänglichkeit für althergebrachte Gewohnheiten die Völker auch dann noch bei Anwendung dieſer Zahlen verharret wären, als ſie offenbar nicht mehr mit dem Gange der Sonne in Einklang ſtanden. Nach Whiſton's Meinung hätte die Veränderung im Augenblicke der Sündflut ſtattgefunden, und während vor dieſer Epoche das Jahr aus genau 360 Tagen beſtand, wäre ſeine Länge infolge der Einwirkung eines Kometen, der eigentlichen Urſache der großen Ueberſchwemmung, auf $365\frac{1}{4}$ Tage geſtiegen.

Kurt von Gebelin erblickte in der incommenſurabeln Länge des Jahres einen ſchreienden (inique) Widerſpruch mit der Harmonie, welche die übrigen himmliſchen Erſcheinungen ihm darzubieten ſchienen. Er kam auf den Gedanken, urſprünglich ſeien die Dinge anders und beſſer eingerichtet geweſen, und behauptete gleich Whiſton, daß vor der Sündfluth das tropiſche Jahr nicht mehr und nicht weniger als 360 Tage beſeſſen, daß die Sonne damals täglich einen Grad am Himmel zurückgelegt, und jedem Monate genau eine Bewegung von 30 Graden entſprochen habe. Die Kataſtrophe, welche die Sündflut herbeiführte, änderte dann die urſprünglichen einfachen Verhältniſſe von 1 zu 30 und von 1 zu 360, ſo daß erſt von dieſer Zeit an

die Ausdrücke in Bruchtheilen, auf denen unſer jetziger Kalender baſirt, datiren.

Nach der Auffaſſung Gebelin's gehörte dieſe Umänderung zu den der ſündigen Menſchheit für ihre Verbrechen auferlegten Strafen. Aus der Vergleichung gewiſſer koptiſchen, armeniſchen Bibelüberſetzungen, mit Ausſchluß der Vulgata und des hebräiſchen Textes, glaubte der feurige Gelehrte die in der Erzählung der Sündflut angeführten Angaben über Tage und Monate dergeſtalt ins Reine gebracht zu haben, daß er durch ſeine Theorie alle andern Conjecturen für beſeitigt erachtete.

Noch weiter ging Goguet: ihm zufolge beſtand das Jahr noch zu Moſes Zeiten aus blos 360 Tagen. Goguet ſuchte dadurch zu erklären, weshalb der Geſetzgeber der Juden, in ſeinem Berichte über die Ereigniſſe vor der Sündflut, nicht hervorgehoben habe, daß ſeine auf eine Jahreslänge von 360 Tagen baſirten Rechnungen auf die ſpäter folgenden Zeiten nicht mehr anwendbar ſeien; allein er gab nicht an, wie eine ſo eingreifende Veränderung im Laufe der Geſtirne ohne merkbare phyſiſche Umwälzung vor ſich gehen konnte.

Will man zum Ueberfluß wiſſen, wie ſchwankend und unſicher die Erzählungen etwa lauten, auf deren Bericht hin Kurt von Gebelin und Goguet ſich berechtigt hielten, beiſpielsweiſe die Länge des Jahres der Sündflut zu beſtimmen, ſo brauche ich wohl nur daran zu erinnern, daß immer von denſelben Elementen, d. h. von den in der moſaiſchen Erzählung enthaltenen Daten ausgehend, die Chronologen für die erwähnte Jahreslänge folgende Werthe ausgerechnet haben:

Fréret fand	336 Tage
Heidegger	354 "
Die engliſchen Verfaſſer der allgem. Weltgeſchichte	355 "
Scaliger	365 "
Der Pater Bonjour	366 "

Ich füge zum Schluſſe hinzu, daß viele Gelehrte (und in dieſem Punkte waren es vielleicht die verſtändigſten und weiſeſten) die Meinung abgaben, aus den ſo verſchiedener Interpretation fähigen Stellen der bibliſchen Erzählung ſei etwas Entſcheidendes gar nicht zu ermitteln.

Dreiundvierzigstes Kapitel.

Ueber das große Jahr.

In diesem Kapitel gedenke ich die bei verschiedenen Autoren zerstreuten Notizen in Betreff des viele Jahrhunderte umfassenden Zeitraumes zusammenzustellen, welcher bei den Alten unter dem Namen des großen Jahres erwähnt wird.

Ich werde mich hierbei vorzugsweise den Untersuchungen des Akademikers La Nauze anschließen.

Wie Plato, Cicero, Plutarch u. A. uns mittheilen, hat man im Alterthume sich sehr ernstlich mit einer Periode beschäftigt, welche großes oder vollkommenes Jahr, Jahr der Welt genannt wurde.

In der Schrift de natura Deorum sagt Cicero von dem großen Jahre, es begreife die Zeit, welche die mit eigener Bewegung begabten Gestirne, also Sonne, Mond und die fünf übrigen Planeten gebrauchen, um zu den nämlichen relativen Stellungen zurückzukehren. Dieselbe Bedeutung verband man schon im Jahrhunderte Plato's (siehe dessen Timäus) mit der Benennung großes Jahr.

Wie aus einer von Seneca in der lateinischen Uebersetzung uns aufbehaltenen Stelle hervorgeht, fügte Berosus der vorstehenden Definition eine weitere Bedingung hinzu. Der chaldäische Astronom setzt den Anfang des großen Jahres auf den Zeitpunkt, wo die Oerter der sieben Planeten in einer und derselben geraden Linie enthalten waren; das Jahr lief ab, wenn die nämliche geradlinige Stellung sich wiederholte, und außerdem die sämmtliche Planeten verbindende Linie nach demselben Fixsterne gerichtet war, der ursprünglich in derselben Richtung sich befand.

Zu einer Zeit, wo so viele Philosophen an der Ansicht festhielten, daß die Geschicke der Menschheit, und selbst unserer Erde, als Gesammtkörper betrachtet, durch den Lauf der Sterne geregelt würden, hatte die Annahme nichts Auffallendes, daß jedes große Jahr eine Wiederkehr der nämlichen Erscheinungen in der physischen und moralischen Welt, derselben politischen oder kriegerischen Ereignisse, der gleichen Reihenfolge von Personen, ausgezeichnet durch ihre Tugen-

den, ihre Laster oder ihre Verbrechen, herbeiführen sollte. Bei einer solchen Einrichtung würde die Geschichte eines einzigen großen Jahres die aller folgenden sein.

Nach der Angabe des Censorinus, der eine uns nicht aufbehaltene Schrift des Aristoteles citirt, besteht der Winter des großen Jahres aus einer großen Ueberschwemmung oder Sündflut, der Sommer dagegen bringt einen allgemeinen Brand.

An der bereits angeführten, von Seneca übersetzten Stelle versichert der Chaldäer Berosus: „daß die Erde in Asche zerfallen wird, sobald die auf verschiedenen Bahnen wandelnden Gestirne mit dem ersten Stern im Krebse dergestalt correspondiren, daß eine und dieselbe gerade Linie durch alle ihre Mittelpunkte hindurchgeht; daß dagegen eine allgemeine Ueberschwemmung eintreten wird, sobald die nämlichen Himmelskörper sämmtlich dem Steinbocke entsprechen."

Indeß war dieser Wechsel zwischen Flut und Brand nicht allgemein angenommen: gewisse Philosophen glaubten blos an Ueberschwemmungen, andere nur an Verbrennungen. Noch Andere endlich gab es, welche, die Altersstufen der Welt mit denen des Menschen vergleichend, während der ersten Hälfte des großen Jahres die Natur an Kraft und Entwickelung wachsen ließen, um dann in der anderen Hälfte allmälich zur Auflösung herabzusinken. Plato selbst bekannte sich zu der Ansicht, daß die Welt am ersten Tage des großen Cyclus das Maximum der Kraft besitze, und daß von da ab Alles successive abnehme und schwächer werde. Die Tradition der vier, mit vier Metallen in Parallele gestellten Weltalter ist die vulgäre Uebersetzung der platonischen Vorstellung.

Diese Ueberreste von Meinungen des Alterthums in Bezug auf die Periode des großen Jahres haben seit dem Auftreten des Christenthums zur Aufstellung verschiedener Theorieen Veranlassung gegeben, gegen welche die Kirche häufig ihr Anathema geschleudert hat, wie z. B. die an der Universität von Paris vorgetragene Lehre: „daß in der Zeit, in welcher die Himmelskörper zu den nämlichen Punkten zurückkehren, die Ereignisse unablässig in derselben Reihenfolge sich wiederholen."

Noch weniger als über die Bedeutung des großen Jahres waren die Alten über die Länge desselben einig. Einige setzen diese Länge

bis auf 6570 Jahrtauſende, Andere geben dafür nur einige Jahrhunderte. Cicero ſagt im Somnium Scipionis, er wage nicht zu entſcheiden, aus wieviel Jahrhunderten das vollkommene Jahr beſtehe. Heſiod hatte ſich ſchon früher mit gleicher Zurückhaltung ausgeſprochen; andererſeits haben Plinius und Plutarch uns Verſe deſſelben Autors aufbehalten — von Auſonius ins Lateiniſche überſetzt — in denen beſtimmt genug behauptet wird:

daß das Leben des Menſchen, wenn es hoch kommt, bis zu 96 Jahren reicht;

daß eine Krähe neunmal länger lebt, als der Menſch, oder 864 Jahre;

der Hirſch viermal ſo lang als die Krähe, oder 3456 Jahre;

der Rabe dreimal ſo lang als der Hirſch, oder 10368 Jahre;

der Phönix neunmal ſo lang als der Rabe, oder 93312 Jahre;

die Hamadryaden zehnmal ſo lang als der Phönix, oder 933120 Jahre.

Nach all' dieſen kühnen Angaben erklärt trotzdem Heſiod, daß er über die Länge des großen Jahres nicht das Mindeſte wiſſe, und daß Gott allein davon unterrichtet ſein könne.

Unter den Neuern kann ich nur Pingré nennen, der ſich mit einem Problem beſchäftigt hat, deſſen Löſung nach Heſiod Gott allein vorbehalten iſt. Der Verfaſſer der Kometographie ſchätzte die Periode, nach welcher eine allgemeine Conjunction der Planeten eintreten könnte, auf mehr als 25 Millionen Jahre, und doch waren zu Pingré's Lebzeiten weder Ceres, Pallas, Juno, Veſta, noch all' die übrigen in neuerer Zeit entdeckten Planeten bekannt.

Die gefeierten Namen des Plato, Cicero, Seneca, Plutarch dürfen uns nicht abhalten, die Anſichten des Alterthums über den vermeintlichen Zuſammenhang des großen Jahres mit den auf der Erde wahrnehmbaren Erſcheinungen aller Art, in die Kategorie der unhaltbarſten Hirngeſpinnſte zu verweiſen, deren Tradition vom Alterthume zu uns herübergekommen iſt.

Vierundvierzigſtes Kapitel.

Von der verſchiedenen Art, wie die Chronologen und die Aſtronomen die Jahre vor der chriſtlichen Zeitrechnung zählen.

Die Chronologen und die Aſtronomen pflegen die der Geburt Jeſu Chriſti vorangehenden Jahre nicht auf die nämliche Weiſe zu zählen. Das Jahr, welches dem erſten Jahre unſerer Zeitrechnung unmittelbar vorherging, heißt bei den Chronologen ein Jahr vor Chriſti Geburt, während es die Aſtronomen das Jahr Null nennen. Folglich iſt das Jahr 2 vor Chriſtus bei den Chronologen erſt das Jahr — 1 der Aſtronomen, u. ſ. f. ſtets mit einer Einheit Differenz. Fragt man, wer bei dieſer Zählungsweiſe Recht und wer Unrecht hat, ſo wird es, denke ich, nicht ſchwer einzuſehen ſein, daß das Verfahren der Aſtronomen allein den Vorſchriften des geſunden Verſtandes, der Logik und der Arithmetik entſprechend iſt.

Ich könnte, wenn es nöthig wäre, zeigen, daß eine Größe, welche poſitiver und negativer Werthe fähig iſt, nur dann regelmäßig der Rechnung unterworfen werden kann, wenn ſie durch Null hindurchgeht, um von dem einen Zuſtande zum anderen zu gelangen: hier wird indeß ein Beiſpiel ausreichen, um ſich von den Vortheilen der aſtronomiſchen Methode zu überzeugen.

Der Unterſchied zwiſchen dem 20. März vor und dem 20. März nach der Geburt Chriſti beträgt offenbar ein Jahr, weder mehr noch weniger.

Die Chronologen würden ſchreiben: 20. März im Jahre 1 vor Chriſtus, und der 20. März des Jahres 1 nach Chriſtus; addirt man nun die Jahreszahlen, welche die beiden gedachten Jahre führen, ſo bekommt man die Summe von 2 Jahren als den Zwiſchenraum beider Epochen, während in der That nur ein Jahr dazwiſchen liegt.

Dem aſtronomiſchen Gebrauche zufolge heißen die nämlichen Daten: der 20. März des Jahres 0 vor Chr. und 20. März 1 nach Chr., und diesmal gibt die Summe der beiden Jahreszahlen, der Wahrheit gemäß, ein Jahr.

Das Datum des Todes Jeſu Chriſti iſt der Monat März Anno

33 unſerer Zeitrechnung; die Ermordung Cäſar's fällt, nach der chronologiſchen Zählungsweiſe, auf den März 44 vor Chriſti Geburt. 44 zu 33 gibt 77 Jahre, welche das Intervall zwiſchen beiden Ereigniſſen auszudrücken ſcheinen. Dennoch beträgt dieſe Zwiſchenzeit nur 76 Jahre, wie man ſich augenblicklich überzeugt, wenn man Alles auf die Aera von der Gründung Rom's bezieht.

Die Aſtronomen würden ſogleich das richtige Reſultat erhalten haben, denn nach ihnen iſt Cäſar im März des Jahres 43 vor Chr. (d. h. — 43) geſtorben: 76 aber iſt die Summe von 43 u. 33.

Fünfundvierzigſtes Kapitel.

Mit welchem Tage ſchließt das achtzehnte Jahrhundert und wann beginnt das neunzehnte?

Häufig wird unter den Laien über die Frage geſtritten, ob z. B. der 28. März 1800 dem achtzehnten oder dem neunzehnten Jahrhundert angehört.

Man ſieht leicht, daß dieſe Frage darauf hinausläuft, zu wiſſen, ob die zu einem beſtimmten Datum gehörende Jahreszahl das laufende oder das vergangene Jahr ausdrückt. Hat man unter dem 28. März 1800 den 28. März des noch nicht abgelaufenen Jahres 1800 zu verſtehen, oder drückt jenes Datum aus, daß bereits 1800 ganze Jahre verfloſſen ſind, vermehrt um die Monate Januar und Februar und um 28 Tage des März aus dem Jahre 1801?

Um die Frage zu beantworten, muß man wiſſen, wie zu Anfang unſerer Aera, d. h. in dem für die Geburt Chriſti angenommenen Jahre zu zählen iſt. Dieſes Jahr hat man aber jederzeit als anno 1 von ſeinem Anfange an gerechnet, ſo daß unter dem 28. März 1 der 28. März des laufenden erſten Jahres verſtanden wurde, und nicht etwa ein zurückgelegtes Jahr vermehrt um den Januar, Februar und 28 Tage des März vom Jahre 2. Hieraus folgt mit völliger Evidenz, daß der ganze Tag des 31. December 1800 noch zum achtzehnten Jahrhundert gehört, und daß das neunzehnte erſt mit dem 1. Januar 1801 begonnen hat. In der That iſt dies letztere Datum

zu verstehen als der erste Tag im beginnenden 1801ten Jahre, und nicht als 1801 Jahre plus einen Tag des Jahres 1802.

Sechsundvierzigstes Kapitel.

Wie merkt man sich leicht die Monate von 30 und 31 Tagen.

Manchem fällt es schwer, sich an die Vertheilung der vollen und der hohlen Monate zu erinnern, d. h. zu merken, welche Monate in dem bei allen Völkern der Christenheit gebräuchlichen alten oder verbesserten julianischen Kalender 31, und welche 30 Tage zählen. Um das Gedächtniß zu unterstützen, hat man ein paar einfache mechanische Verfahrungsarten als mnemotechnische Hülfsmittel erdacht. Sonst pflegten auch wohl die Schulkinder diese Monatsregeln in Reime gebracht auswendig zu lernen; Rollet hat uns eine Probe dieser Poesie aufbehalten:

Trente jours ont novembre,
Juin, avril et septembre;
De vingt-huit, il en est un,
Tous les autres ont trente-un. *)

Siebenundvierzigstes Kapitel.

Von der sogenannten julianischen Periode.

Unter diesem Namen versteht man eine gewisse von Joseph Scaliger erdachte Methode der Zeitrechnung, über welche wir einige Worte

*) Dreißig Tage zählt November,
Juni, April und September;
Acht und zwanzig, einen weiß ich,
Was noch bleibt hat ein und dreißig.

Man hat in der deutschen Ausgabe geglaubt, die im französischen Texte enthaltene detaillirte und selbst mit Figuren begleitete Auseinandersetzung der oben erwähnten mnemotechnischen Verfahrungsarten weglassen zu dürfen: in der Meinung, daß für die deutschen Leser dieses Werkes weder die Erwartung, noch das Bedürfniß vorhanden sei, eine solche Erklärung hier zu finden.

Anmerkung der deutsch. Ausgabe.

ſagen müſſen. Der Autor nennt ſeine Periode die julianiſche, weil ſie ausſchließlich nach den Jahren des julianiſchen Kalenders zählt; wie Daunou bemerkt, hat man irriger Weiſe geglaubt, daß jenes Epitheton von dem berühmten Verfaſſer des opus de emendatione temporum zur Erinnerung an ſeinen Vater Julius Scaliger gewählt worden ſei.

Die Dauer der julianiſchen Periode oder des julianiſchen Cyclus beträgt 7980 Jahre, eine nicht willkürliche, ſondern durch Multiplication der drei cycliſchen Zahlen 15, 19 und 28 gebildete Zahl, wie man ſich aus dem Vorhergehenden erinnern wird, wo von der Länge des Indictionscyclus (Kap. 24, S. 560), der Periode des Meton (Kap 13, S. 542) und des Sonnencirkels (Kap. 38, S. 578) die Rede geweſen iſt.

Nach Feſtſtellung der Länge der Periode war für den Zweck, welchen Scaliger im Auge hatte, vor Allem eine paſſende Wahl ihres Anfangspunktes erforderlich, und hierin liegt ein Hauptverdienſt der Arbeit des gefeierten Chronologen. Der Urſprung der Periode Scaliger's fällt auf das Jahr 4713 (—4712) vor Chriſti Geburt; bezieht man folglich die Jahre auf die gedachte Periode, ſo wird das Jahr 4713 vor unſerer Zeitrechnung das erſte, das Jahr 4712 das zweite, das Jahr 4711 v. Chr. gleich dem Jahre 3 der julianiſchen Periode u. ſ. w., ohne daß bei dieſer Zählung eine Unterbrechung der Stetigkeit eintritt. Dem Vortheile, welcher für die Genauigkeit der Chronologie in dem Wegfalle eines Sprunges beim Beginne unſerer Aera liegt, können wir andere noch werthvollere Eigenſchaften der Periode Scaliger's an die Seite ſtellen. Geſetzt, man zähle vom Anfange einer Luniſolarperiode Meton's an, beſtändig in Intervallen von 19 Jahren rückwärts, ſo erhält man auf dieſe Weiſe alle vorhergehenden Anfangsjahre dieſes Cyclus, und findet zugleich, daß das Jahr 4713 vor Chriſti Geburt in dieſer Reihenfolge liegt.

Stellt man mit dem 28jährigen Sonnencyclus eine ähnliche Rechnung an, und ſucht die ganze Folge der Anfangsjahre dieſer Periode, indem man von irgend einem erſten Jahre beſtändig um 28 Jahre rückwärts geht, ſo kommt man wiederum auf das Jahr 4713.

Will man endlich rückwärts rechnend die Jahre beſtimmen, in

denen der Indictionscirkel angefangen hat, so wird man von irgend einem aus der neuern Zeit bekannten Anfangsjahre lauter fünfzehnjährige Perioden abzuziehen haben, und auch hierbei fand Scaliger, daß das Jahr 4713 vor der christlichen Zeitrechnung, welches den eben geführten Rechnungen zufolge bereits den Anfang eines 19jährigen Lunisolarcyclus und eines 28jährigen Sonnencirkels bildete, dem Beginne einer 15jährigen Indictionsperiode entsprach.

Die drei angeführten Cyclen haben also das Jahr 4713 v. Chr. zum gemeinschaftlichen Ursprung.

Es ist jetzt leicht einzusehen, weshalb Scaliger das Product der drei Zahlen 15, 19 und 28 zur Bestimmung der Länge seiner Periode gewählt hat. Denn da dieses Product gleichzeitig ein Vielfaches von 15, von 19 und von 28 darstellt, so ist klar, daß wenn vom Anbeginn der Periode oder vom Jahre 4713 an, eine Summe von Jahren gleich der in jenem Producte enthaltenen Anzahl von Einheiten verflossen ist, die Dinge auf ihren ursprünglichen Standpunkt zurückkehren und alle drei Cyclen zugleich von Neuem beginnen müssen.

Nicht minder klar ist, daß wenn man z. B. eine nach Scaliger's Zählungsweise resultirende Jahreszahl durch 19 theilt, der Quotient in runder Zahl die Summe der ganzen Lunisolarperioden angibt, welche seit der Anfangsepoche dieser Zeitrechnung verflossen sind, sowie die übrigbleibenden Einheiten anzeigen, im wievielten Jahre der laufenden, noch nicht zurückgelegten Lunisolarperiode man steht. Ein analoges Resultat würde in Bezug auf den Indictionscyclus und den Sonnencirkel durch Division mit 15 oder 28 hervorgehen; es kann sogar eine solche Rechnung zuweilen dazu dienen, um chronologische Irrthümer nachzuweisen.

Denn setzen wir voraus, daß alle Ereignisse der alten und neuen Geschichte auf den Cyclus Scaliger's bezogen seien, und nehmen wir ferner an, daß nach dem Gebrauche der Chronisten eine bestimmte Thatsache als diesem oder jenem Jahre angehörig angeführt werde, mit gleichzeitiger Angabe der Jahreszahl und der correspondirenden Epochen der Indiction, des Lunisolarcyclus und des Sonnencirkels: so lehrt eine äußerst einfache, aus drei Divisionen bestehende Rechnung, ob diese vier Angaben zusammenstimmen können.

Ich habe im Vorſtehenden den Zweck deutlich vor Augen ſtellen wollen, welcher Scaliger bei der Erfindung der julianiſchen Periode leitete. Die Frage freilich, ob die Durchführung dieſes Verfahrens in der That alle die Vortheile für die Chronologie zu gewähren vermag, welche ſein Urheber ſich davon verſprach, iſt von den hervorragendſten Gelehrten in verſchiedenem Sinne beantwortet worden; allein es iſt mir nicht verſtattet, hier auch nur andeutungsweiſe die Gründe zu erwähnen, welche für und wider von beiden Seiten mit einer Bitterkeit geltend gemacht worden ſind, deren ſich die Alterthumsforſcher, wie man ſagt, nur ſchwer zu entſchlagen pflegen.

Dem Cyclus Scaliger's oder der julianiſchen Periode iſt die unſchätzbare Ehre zu Theil geworden, den Beifall Keppler's und des Pater Petavius zu gewinnen, und dieſer Umſtand mag die ausführliche Erwähnung derſelben unſererſeits rechtfertigen. Dagegen enthalte ich mich, der Kürze halber, von einer Menge anderer Perioden zu ſprechen, welche von Chronologen und ſelbſt von Aſtronomen erdacht worden ſind, aber bei dem der Complicationen der Chronologie ſchon hinlänglich überdrüſſigen Publikum keine Gnade gefunden haben. Wir werden ſogar zu Gunſten der von Dionyſius dem Kleinen erfundenen, aus 532 Jahren beſtehenden, ſogenannten dionyſiſchen Periode keine Ausnahme machen; denn trotz ihrer Genauigkeit iſt ſie nie in Gebrauch gekommen.

Achtundvierzigſtes Kapitel.

Vom Almanach und vom Kalender.

Es iſt in der That zu verwundern, daß das römiſche Volk ſich ſo lange Zeit hindurch mit einer ſo complicirten und unregelmäßigen Zeiteintheilung begnügte. Allein die Pontifices, denen die ganze Leitung dieſes Gegenſtandes anvertraut war, weigerten ſich beſtändig, dem Volke die Mittel bekannt zu machen, deren ſie ſich bedienten, um die Reihenfolge der Monate und der Tage eines Jahres zu ordnen.

Ueberdies weiß Jedermann, wie gefährlich es in jenen alten Zeiten war, ſich in die ſogenannten heiligen Dinge zu miſchen. Herod

ſelbſt ſpricht ausdrücklich aus, daß er über dergleichen nur mit großer Zurückhaltung berichten, und über ſolche Punkte, die in mehr oder weniger directer Beziehung zur Religion ſtehen, häufig Stillſchweigen beobachten werde.

Im Jahre 303 vor der chriſtlichen Aera ſoll zum großen Mißvergnügen der Pontifices Cnejus Flavius zuerſt die Grundſätze des römiſchen Kalenders in die Oeffentlichkeit gebracht haben. Später verfaßten und publicirten Ennius, Piſo, Ovid u. A. Schriften über dieſen Gegenſtand, und zwar enthielten ihre Werke nicht nur den allgemeinen Kalender, ſondern auch meteorologiſche Vorherſagungen, die einem wahrhaft wiſſenſchaftlichen Almanach durchaus fremd ſind. In die nämliche Kategorie muß das ſechſte und letzte Kapitel der Elemente der Aſtronomie (Einleitung zum Aratus) von Geminus gerechnet werden, wo neben Angaben über den Auf- und Untergang der Geſtirne für die verſchiedenen Tage des Jahres ſich Bemerkungen folgenden Inhalts finden: das Meer wird ſtürmiſch, es kommt Regen, großer Wind, Donner, Schnee, häufiges Hagelwetter, u. ſ. w.

Aehnliche Witterungsanzeigen finden ſich in einem unter dem Titel Erſcheinungen der Fixſterne auf uns gekommenen und dem Ptolemäus zugeſchriebenen Werke, deſſen Verfaſſer Tag für Tag den Zuſtand der Witterung angibt.

Der Ackerbaukalender des Columella enthält Vorherſagungen, welche auf unvollkommene Beobachtungen baſirt, nichts deſtoweniger ſelbſt noch heute bei einer großen Zahl von Ackerbautreibenden Vertrauen finden. Plinius hat uns ſolche Bemerkungen aufbehalten, die vor ſeiner Zeit geſammelt worden waren.

Bei den Römern waren im Laufe des Jahres hier und da Tage vertheilt, an welchen ganz vorzugsweiſe ein Mißlingen von politiſchen oder Privatunternehmungen zu erwarten ſtand. Der Ausdruck dies nefastus, welcher urſprünglich nur anzeigte, daß an gewiſſen Tagen verboten war vor Gericht zu gehen, erhielt nach und nach eine ungünſtige Bedeutung. Es gab deren ſechsundzwanzig im Jahre, nämlich zwei in jedem Monate und drei im Januar und April; ſelbſtverſtändlich wurden dieſe dies nefasti in den römiſchen Kalendern angeführt.

Wer das Werk des Lydus aus dem ſechſten Jahrhundert nachſieht, kann ſich überzeugen, daß die aus dem Stande der Geſtirne geſchöpften Prophezeihungen aller Art über Ereigniſſe in der phyſiſchen und moraliſchen Welt, keine neuere Erfindung ſind.

In der gedachten Schrift findet man z. B. Stellen wie die folgenden: Wenn der Mond in den Zwillingen verfinſtert wird, ſo geht die Leitung der politiſchen Angelegenheiten in andere Hände über; oder wenn ein Erdbeben zwiſchen dem 9. und 19. eintritt, ſo bedeutet es Unglück für die Regierenden, zwiſchen dem 20. und 25. dagegen bedroht es die Gelehrten mit dem Verluſte ihres Credits.

Der letztere Paſſus zeigt, daß Lydus ſeine Divinationsgabe auf recht unwichtige Dinge anwandte.

Wir haben eben geſehen, daß bei den Alten nur von Kalendern die Rede war, die auf alle Jahre paßten. Im Mittelalter waren ſolche allgemeine Kalender ſehr verbreitet, und in der Regel den Geſang- oder Gebetbüchern vorgedruckt.

Jährliche Kalender oder Almanache, welche ſich nur auf ein beſtimmtes Jahr beziehen, hat man ſeit noch nicht ſehr langer Zeit.

Der erſte derartige Almanach, der eine wahrhafte Popularität erlangte, datirt aus dem Schaltjahre 1636 und erſchien zu Lüttich unter dem Namen des dortigen Canonicus Matthäus Lansberg*), indeß

*) Noſtradamus, ein berühmter Arzt in der Provence, hat vom Jahre 1550 bis zu ſeinem Tode einen Kalender herausgegeben, welcher Vorherſagungen über die Jahreszeiten und die günſtigſten Epochen für verſchiedene Arbeiten des Ackerbaues enthielt. Da ich dieſen Kalender nicht vor Augen habe, ſo kann ich nicht ſagen, ob derſelbe zu den immerwährenden oder zu den jährlichen Kalendern zu rechnen iſt. Uebrigens darf man dieſe meteorologiſchen Prophezeihungen nicht mit den „Centurien“ deſſelben Verfaſſers verwechſeln, wo die Zukunft in faſt unverſtändlichen Verſen vorausgeſagt wird: vielleicht gerade deshalb trugen ſie ihm die Protection der abergläubiſchen Katharina von Medicis ein.

Rabelais wird von ſeinen Biographen als der Verfaſſer von Kalendern für die Jahre 1533, 1535, 1548 und 1550 angeführt, und wie verſichert wird, ſollen einige unter dieſen ſehr ſelten gewordenen Almanachen Prophezeihungen enthalten. Indeſſen kann man über den Grad des Vertrauens nicht in Zweifel ſein, wenn der witzige Pfarrer von Meudon ſeine eigenen Vorherſagungen anſehen mochte.

ist selbst die Existenz dieser Persönlichkeit nichts weniger als gewiß, denn man darf ihn nicht mit den holländischen Astronomen Jacob und Philipp Lansberg verwechseln, welche um dieselbe Zeit lebten. Der ungeheure Erfolg dieses Lüttticher oder Lansbergischen Almanachs ist vornämlich den darin aufgenommenen Prophezeihungen zuzuschreiben. Wenn man auf die Leichtgläubigkeit der Menschen speculirt, so ist man des Gelingens jederzeit gewiß: die Vorhersagungen mögen eintreffen oder nicht, das Publikum fährt nichts destoweniger fort, auf die Sprüche des weisen Almanachs sein Vertrauen zu setzen*). Schon Lafontaine hat gesagt:

L'homme est de glace aux vérités,
Il est de feu pour le mensonge.
(Der kält'ste Zweifler an der Wahrheit
Ist für die Lüg' oft gleich entflammt.)

Lagrange hat mir eine diesen Gegenstand betreffende Anekdote erzählt, welche ich der Mittheilung werth erachte.

Die Haupteinnahmequelle für die berliner Akademie war ursprünglich der Erlös aus dem Verkaufe ihres Almanachs. In demselben standen damals Vorausverkündigungen aller Art, die entweder ganz auf's Geradewohl gemacht, oder wenigstens auf kein irgend stichhaltiges Princip gegründet waren. Um diesem Unwesen ein

---

wenn man folgende vom Pater Niceron citirte Stelle aus einer Vorrede Rabelais' liest:

„Prédire seroit legierté à moy, comme à vous simplesse d'y ajouter foy. En „est encore, depuis la création d'Adam, nul homme qui en aye traicté „ou baillé chouse à quoi l'on doit acquiescer et arrêter en assurance."

(Prophezeihen zu wollen wäre Leichtsinn von mir, so wie von Euch, daran zu zu glauben. Denn seit Adam's Erschaffung hat es noch keinen Menschen gegeben, der Etwas vorherzusagen im Stande gewesen, worauf man vertrauen oder mit Sicherheit sich hätte verlassen können.)

*) Abergläubische Leute solcher wohlfeilen Kalenderprophezeihungen haben meinem Scepticismus den Umstand entgegengehalten, daß jedes Jahr einige von diesen Vorausverkündigungen einzutreffen pflegen. Aber sieht man denn nicht, daß die Fähigkeit immer das Falsche zu prophezeihen, ebenso viel werth wäre, wie die Fähigkeit, immer das Wahre zu treffen, weil das Eine der Gegensatz des Andern ist? Uebrigens ist eine richtige Bemerkung, daß bei dergleichen astrologischen Verkündigungen oder Regeln, von hundert Fällen ein Fall des Eintreffens mehr Ein-

Ende zu machen, beantragte ein angesehener Gelehrter, anstatt solcher Prophezeihungen lieber faßliche, klare und zuverlässige Notizen über Gegenstände aufzunehmen, die für das Publikum von Interesse wären. Die vorgeschlagene Reform ward versucht, allein der Absatz des Kalenders und damit das Einkommen der Akademie erlitt eine solche Einbuße, daß man sich nicht anders zu helfen wußte, als bei der früheren Einrichtung zu bleiben und Vorhersagungen zu geben, an welche ihre Verfasser selbst am wenigsten glaubten.

Neunundvierzigstes Kapitel.

Ephemeriden und Jahrbücher (Annuaires).

Ephemeriden oder astronomische Jahrbücher sind Tafeln, in denen zum Voraus die himmlischen Erscheinungen bekannt gemacht werden, welche in jedem Jahre eintreten, und der Aufmerksamkeit der Beobachter würdig sind. Die nautischen Ephemeriden bilden einen Theil der astronomischen Jahrbücher, und enthalten alle Phänomene, deren Beobachtung dem Seefahrer von Nutzen sein kann, um die Länge und die Breite seines Schiffes auf allen Punkten des Erdballs zu bestimmen.

Man wird vielleicht nicht ungern hier ein Verzeichniß der Jahre sehen, für welche im Voraus Ephemeriden berechnet und veröffentlicht worden sind:

1474, Regiomontanus;

Im sechszehnten Jahrhundert, Andr. Perlach, Magini u. s. w.

---

druck auf den Geist oder das Gedächtniß zu machen pflegt, als die neunundneunzig fehlgeschlagenen Fälle, welche unbeachtet vorübergehen. Auch die Lage oder Stellung der von einer Voraussagung betroffenen Persönlichkeiten spielt dabei eine sehr wichtige Rolle. So stand in dem Lansbergischen Almanach für 1774, daß eine der am meisten begünstigten Damen im Monate April ihre letzte Rolle spielen werde. Und gerade im April wurde Ludwig XV. von den Blattern ergriffen und Madame Dubarry mußte Versailles verlassen. Natürlicherweise gewann der Lütticher Kalender infolge dieses Zusammentreffens doppelt an Credit beim Publikum.

Zu Anfang des ſiebzehnten Jahrhunderts, Keppler, Simon Marius, u. ſ. w.

Nach 1636, Hodierna, Malvaſia, Montanari, Dominicus Caſſini;

1678 gab Picard für das folgende Jahr die Connaissance des Temps heraus, eine bis heute fortgeführte Sammlung, unter der ſucceſſiven Leitung von Lefèbre, Lieutaud, Godin, Maraldi, Lalande, Jeaurat, Méchain und dem Längenbureau;

Für die Jahre 1715 bis 1744, Philipp Desplaces;

Von 1721 bis 1724, Parker;

Von 1726 bis 1786, die bologneſer Ephemeriden, Euſtachio Manfredi;

Von 1745 bis 1774, Lacaille;

Seit 1749, das berliner Jahrbuch, bis auf den heutigen Tag fortgeſetzt mit verſchiedenen Veränderungen in der Form und ſelbſt in der Sprache;

1754, Stand des Himmels, von Pingré;

1757, die wiener Ephemeriden, vom Pater Hell begonnen;

1767, der Nautical Almanac, von Maskelyne begründet und bis heute fortgeſetzt;

1774, die mailänder Ephemeriden, gleichfalls noch jetzt erſcheinend.

Die abgekürzten Ephemeriden oder Jahrbücher (Annuaires) haben ſich in den letzten Jahren ungemein vervielfältigt. Verſchiedene Sternwarten und Akademieen veröffentlichen deren in größerer oder geringerer Ausdehnung, im Allgemeinen nach dem Muſter des vom Längenbureau herausgegebenen Annuaire du Bureau des Longitudes, welches ſeit dem Jahre 1797 erſchienen und ohne Unterbrechung bis zum gegenwärtigen Jahre fortgeſetzt worden iſt. Aufſätze über verſchiedene wiſſenſchaftliche Gegenſtände (Notices scientifiques) haben den Umfang dieſes Jahrbuchs zuweilen beträchtlich vermehrt: ſo enthielt der Jahrgang von 1797 nur 72 Seiten, während das Annuaire von 1838 z. B. 632 Seiten ſtark iſt*).

*) Es iſt die Pflicht des deutſchen Herausgebers, hier ausdrücklich hervorzuheben, daß die für ein größeres Publikum beſtimmten wiſſenſchaftlichen Aufſätze, welche faſt dreißig Jahre lang (1824—1853) das Jahrbuch des Längenbureau zierten, und demſelben einen ausgebreiteten Leſerkreis erwarben, von Arago ſelbſt verfaßt ſind. Anm. d. deutſch. Ausg.

Funfzigſtes Kapitel.

Ueber die Meſſung der Zeit durch die Bewegung der Sonne. — Aufſtellung der Gnomonen und der Sonnenuhren. — Beſtimmung der Lage eines Ortes. — Gebrauch der Ephemeriden. — Der Octant. — Der Sextant. — Der Reflexionskreis. — Depreſſion des Horizontes. — Nautiſche Aſtronomie.

Viele Perſonen ſchätzen den Nutzen der Aſtronomie blos nach den directen Dienſten, welche ſie zur Meſſung der Zeit und zur Beſtimmung der relativen Lage der verſchiedenen Orte auf der Oberfläche unſerer Erde leiſtet. Es dürfte deshalb nicht überflüſſig ſein, hier auf die Anwendungen der aſtronomiſchen Begriffe und Methoden für die Zwecke oder Bedürfniſſe des geſellſchaftlichen Lebens etwas näher einzugehen.

Wir haben früher geſehen, daß die Meſſung der Zeit auf die Bewegung der Sonne gegründet iſt, und daß man zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch den Meridian eines Ortes 24 Stunden zählt; man erhält auf dieſe Weiſe die wahre Zeit an einem beſtimmten Tage, und hat noch eine Correction hinzuzufügen, um die mittlere Zeit zu berechnen, deren man ſich nach allgemeiner Uebereinkunft im bürgerlichen Leben bedient. Iſt man alſo im Beſitze einer Uhr, ſo genügt zur Regulirung derſelben die Beobachtung des Augenblickes, wo die Sonne im Meridian ſteht, wenn man als Correction den Werth der ſogenannten Zeitgleichung*) anbringt, den man für jeden Tag in der Connaissance des Temps und im Annuaire du Bureau des Longitudes angegeben findet. Hat man ein Meridianfernrohr zu ſeiner Verfügung, ſo iſt der genaue Augenblick für den Durchgang des Sonnenmittelpunkts durch den Meridian leicht zu erhalten, indem man die aufeinanderfolgenden Durchgänge der beiden äußerſten Ränder der Sonnenſcheibe mit dem gedachten Inſtrumente beobachtet.

Die Alten, denen die Fernröhre unbekannt waren, konnten die Zeit des wahren Mittags mit Hülfe von Inſtrumenten genau erhalten, welche noch jetzt zuweilen angewendet werden; ich meine die Armillen und

*) Siehe den 1. Band der Aſtronomie, Buch 7, Kap. 13, S. 251.

die Gnomonen, beide gegründet auf die Beobachtung der Schattenlänge von Gegenſtänden, welche in verticalen Ebenen aufgeſtellt von den Sonnenſtrahlen beſchienen werden.

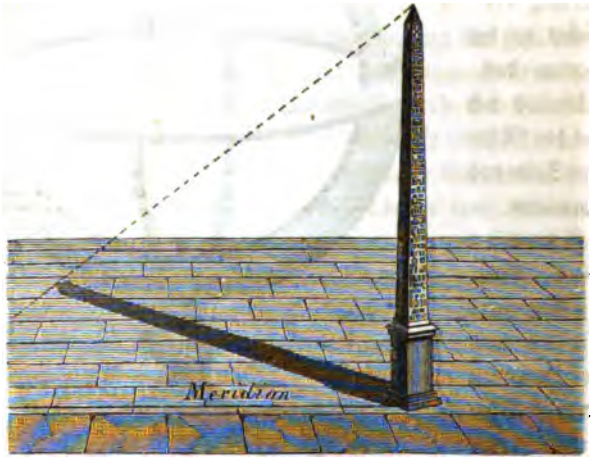
Die Armille (von armilla, Ring oder Armband) wird durch zwei Kreiſe gebildet (Fig. 354), einen horizontalen auf vier Stützen ruhenden, und einen verticalen, welcher unten am Fuße des Inſtruments, und ſeitlich in zwei gegenüberſtehenden (nördlich und ſüdlich) am Horizonte angebrachten Einſchnitten befeſtigt iſt. Wird nun der Verticalkreis im Meridian aufgeſtellt, ſo bekommt man den wahren Mittag durch Beobachtung des Augenblickes, wo der Kernſchatten des vordern Theiles ſich genau auf die Mitte der hintern Seite des Kreiſes projicirt.

Figur 354. — Armille.

Der Gnomon (vom griech. Worte γνώμων, Anzeiger) beſteht einfach aus einem aufgerichteten Stabe, einem Obelisken oder einer vertical aufgeſtellten Säule (Fig. 355). Im Augenblicke des wahren Mittags hat der geworfene Schatten ſeine kleinſte Länge; auch kann man mit dem Gnomon eine angenäherte Beſtimmung der Ebene des Meridians erhalten, wenn man die horizontale Projection des Schattens im Momente des Auf- und des Untergangs der Sonne beobachtet, und die Ebene ſucht, welche die beiden gewonnenen Richtungen halbirt. Das

Verhältniß der projicirten Schattenlänge zur Höhe des Gnomons gibt die trigonometrische Tangente des Zenithabstandes der Sonne, und der Winkel des Schattens mit der Mittagslinie ist ihrem jedesmaligen Azimute gleich. Beobachtet man den Gnomon vor und nach Mittag unter zwei gleichen Azimutalwinkeln, so erhält man den wahren Mittag als die Mitte zwischen beiden Beobachtungszeiten.

Damit die mit dem Gnomon angestellten Beobachtungen eine gewisse Genauigkeit haben können, sind ziemlich bedeutende Dimensionen des Instrumentes erforderlich. Andererseits jedoch macht, je weiter die Höhe der Säule wächst, der von der ausgedehnten Gestalt der Sonnenscheibe (deren Strahlen von mehr als einem leuchtenden



Figur 355. — Gnomon.

Punkte ausgehen) herrührende Halbschatten die Bestimmung des Kernschattens immer ungewisser. Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man am obern Ende des schattenwerfenden Stabes eine kleine in der Mitte durchbohrte Scheibe angebracht, so daß die Oeffnung genau in der Axe des Stabes liegt (Fig. 356). Die durch diese

*) Siehe den 1. Band der Astronomie, 6. Buch, 1. Kap. S. 185.

Oeffnung fallenden Sonnenstrahlen bringen mitten in der Schattenprojection der Scheibe einen erleuchteten Raum hervor, welcher sehr deutlich gerade an der Stelle erscheint, wo das in gleicher Höhe mit der Oeffnung in der Scheibe befindliche Stabende einen verwaschenen und deshalb nicht scharf zu beobachtenden Schatten gegeben haben würde. Setzt man ferner eine Glaslinse an die Stelle der durchbohrten Scheibe, so werden sich begreiflicherweise im Brennpunkte dieser Linse die Sonnenstrahlen concentriren, und man kann dadurch eine Temperaturerhöhung erzeugen, groß genug, um Pulver zu entzünden und eine im Meridian aufgestellte Kanone zu entladen, deren Schuß folglich den Augenblick des wahren Mittags verkündet.

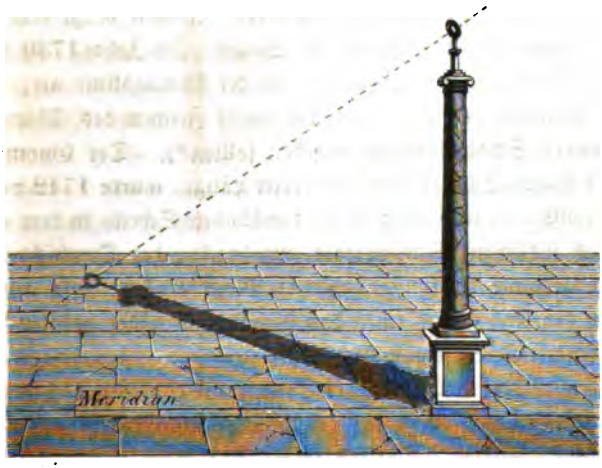


Fig. 356. — Gnomon mit durchbohrter Scheibe.

Da in den verschiedenen Jahreszeiten die Zenithabstände der Sonne verschieden sind, so kann der Gnomon dazu dienen, um nach der Länge des projicirten Schattens die Rückkehr der Jahreszeiten zu bemessen.

Bei allen Völkern des Alterthums sind die Gnomone sehr gebräuchlich gewesen; einige haben durch ihre beträchtliche Höhe eine besondere Berühmtheit erlangt. Unter der Regierung des Kaisers

Augustus wurde der große Obelisk des Sesostris von 34 Meter (117 röm. Fuß) Länge in Rom auf dem Marsfelde aufgestellt, um daran, wie Plinius sagt, die Länge der Tage und Nächte zu erkennen. Im Jahre 1278 ließ der Astronom Koschuking zu Peking einen Gnomon von 40 Fuß Höhe errichten. Paul Toscanelli construirte um 1467 in der Kuppel der Kathedrale zu Florenz einen Gnomon 277 Fuß über dem Fußboden der Kirche, den größten aller bekannten Gnomone. In der Kirche des heiligen Petronius zu Bologna errichtete Dominicus Cassini im Jahre 1653 einen Gnomon, dessen Scheibe ungefähr 27 Meter über dem Boden angebracht war, in gleicher Höhe mit dem Anfange des Gewölbes. Picard begann im Jahre 1669 im großen Saale des pariser Observatoriums von 31,6 Meter Länge die Construction einer Mittagslinie; der Gnomon besitzt eine Höhe von 9,93 Meter über dem Boden des Saales. Im Jahre 1730 brachte Cassini II. Theilungen und Zeichen an der Mittagslinie an, welche die dem Eintritte der Sonne in die zwölf Zeichen des Thierkreises entsprechenden Schattenlängen angeben sollten*). Der Gnomon in der Kirche Saint-Sulpice, von 16 Meter Länge, wurde 1742 von Lemonnier construirt, und zwar ist die durchbohrte Scheibe in dem oberen Theile des südlichen Seitenportals angebracht; der Durchschnitt der durch die gedachte Oeffnung gehenden Meridianebene wird auf dem Fußboden der Kirche durch einen das Gebäude in seiner größten Länge durchlaufenden Streifen von Kupfer angezeigt.

Die scheinbare Bewegung der Sonne geschieht jeden Tag in gleichförmiger Weise längs eines auf der Weltare senkrechtstehenden Kreises an der Himmelskugel. Daraus folgt, daß wenn man durch irgend einen Punkt der Erde eine Linie parallel zur Weltare zieht, diese gerade Linie und der Ort der Sonne in einer Ebene liegen, welche in 24 Stunden 360 Grade zurücklegt. Um 12 Uhr im Meridian, wird eine Stunde nach Mittag die Sonne in einer um 15 Grad gegen den Meridian geneigten Ebene sich befinden, um 2 Uhr stehet sie in einer um 30° abweichenden Ebene, u. s. w. Von allen diesen durch die Weltare gehenden Ebenen wird jede beliebige ebene oder gekrümmte,

*) Mémoires de l'Académie des sciences pour 1732, p. 452.

verticale, horizontale oder beliebig geneigte Fläche in verſchiedenen Linien geſchnitten, welche offenbar den verſchiedenen Tagesſtunden entſprechen. Wenn nun die der Weltaxe parallele Linie ein dünner Stab iſt, ſo werden die Durchſchnitte der durch die Sonne gelegten Ebenen mit einer beliebig gewählten Oberfläche mit den ſucceſſiven Schattenprojectionen des Stabes identiſch. Man erhält folglich eine Sonnenuhr, ſobald man auf einer den Sonnenſtrahlen ausgeſetzten Fläche in geeigneter Weiſe einen der Weltaxe parallelen Stab oder Stift befeſtiget, und die Durchſchnittscurven von Ebenen, die nach beiden Seiten hin Winkel von 15 zu 15 Graden mit dem Meridiane machen, auf der gegebenen Oberfläche mittelſt geometriſcher Methoden aufträgt. Ich brauche kaum zu erwähnen, daß man auch Theile der Stunden angeben kann, wenn man zwiſchen den gedachten Ebenen noch andere einſchaltet, welche die Intervalle von 15 Graden eben ſo theilen, wie die einzelnen Stunden eingetheilt werden ſollen.

Vorſtehendes enthält das Weſentliche der Theorie der Sonnenuhren, von deren Geſchichte zu Anfang dieſes Werkes die Rede geweſen iſt*). Man ſieht zugleich aus der dort gegebenen Figur, daß die Sonnenuhren im Grunde Nichts ſind als Gnomonen, deren Stab in der Richtung der Weltaxe aufgeſtellt iſt: dieſe Richtung aber ergibt ſich nach dem Früheren für jeden Ort der Erde, wenn man in der Ebene des Meridians eine Linie beſtimmt, deren Neigung der geographiſchen Breite gleich iſt.

Seitdem durch Erfindung der Fernröhre die Beobachtungen zu einer weit höheren Stufe der Genauigkeit gelangt ſind, haben die im Vorhergehenden beſchriebenen Inſtrumente den größten Theil ihres Intereſſes verloren. Um eine Uhr zu reguliren iſt es ausreichend, mit einem Theodoliten zwei correſpondirende Sonnenhöhen**) vor und nach dem Durchgang durch den Meridian zu nehmen, und wenn die Breite des Beobachtungsortes bereits bekannt iſt, ſo genügt ſelbſt die Meſſung einer einzigen Höhe der Sonne über dem Horizont, zu einer beliebigen Stunde des Tages angeſtellt, um die genaue Zeit

*) Siehe im 1. Bande der Aſtronomie, Buch 2, Kap. 5, S. 39, nebſt Fig. 15.

**) Siehe im 1. Bande der Aſtronomie, Buch 6, Kap. 3, S. 192.

durch Rechnung zu finden, indem man die Declination der Sonne für den betreffenden Zeitpunkt aus der Connaissance des Temps entlehnt.

Sobald sich für einen gegebenen Ort die Zeit ohne Schwierigkeit bestimmen läßt, so ist nach der ausführlichen Darstellung in dem der Erde gewidmeten Buche*) klar, daß auf dem festen Lande der Astronom mit Hülfe seiner Instrumente und der Connaissance des Temps seine Position auf der Erdoberfläche stets genau finden kann. Denn nachdem die Breite oder die Polhöhe, und die Zeit für einen gegebenen Moment ermittelt ist, so bedarf es nur der einfachen Beobachtung etwa des Abstandes eines Sterns von der Sonne oder dem Monde, um aus den Tafeln der Connaissance des Temps die demselben Moment entsprechende pariser Zeit zu berechnen, worauf die Vergleichung der beiden Zeiten die Länge des Orts ergibt. Mit Länge und Breite aber, d. h. mittelst der beiden geographischen Coordinaten des Ortes, findet man augenblicklich seine Lage auf der Karte.

Genau der nämlichen Methoden würde auch der Seefahrer sich bedienen können, um die Lage seines Schiffes an jedem Tage und zu jeder Stunde zu bestimmen, wenn es möglich wäre, Theodoliten und Repetitionskreis, die astronomische Uhr, ferner die Quadranten oder die andern großen Instrumente der Sternwarten auf einem Schiffe aufzustellen. Das beständige Schwanken eines auf dem Meere schwimmenden Fahrzeuges verbietet die Anwendung des Bleilothes und der Wasserwage, welche für den Gebrauch der gewöhnlichen astronomischen Instrumente unentbehrlich sind, so daß man sich nach neuen für einen in continuirlicher Bewegung befindlichen Standpunkt geeigneten Instrumenten hat umsehen müssen. Wir haben bereits erörtert, daß die festen Pendeluhren durch Marineuhren, Chronometer, Zeitmesser, ersetzt worden sind, denen die geschicktesten Uhrmacher Frankreichs und Englands, wie Berthoud, Breguet, Emery, Mudge u. A. eine ausnehmende Genauigkeit und überraschende Gleichmäßigkeit gegeben haben. Um die Höhe eines Sternes oder den Abstand zweier Sterne von einander zu messen, wurden bereits im 15. Jahrhundert der Jacobsstab (arbalestrille) und der englische Qua-

*) Siehe den 3. Band der Astronomie, Buch 20, Kap. 19 u. 20, S. 196—228.

drant (Davidsquadrant, quartier anglais) erfunden. Der Jacobsſtab bildete eine Art von Kreuz, bei welchem das Querſtück, Hammer genannt, am langen Balken, dem Pfeile, ſich auf und ab bewegte; legte man nun das Auge an das Ende des Balkens, und ſtellte das Inſtrument vertical ſo ein, daß das eine Ende des Querſtückes nach dem Meereshorizonte, uud das andere nach dem Sonnenrande gerichtet war, ſo entſprachen die beiden Geſichtslinien genau dem Winkel zwiſchen Sonne und Horizont, und die auf dem Balken angebrachte Theilung gab die Höhe der Sonne ohne weitere Rechnung. Der engliſche Quadrant beſtand aus zwei concentriſchen Kreisbogen, von ungleichem Halbmeſſer, die in einer und derſelben Ebene lagen. Im Mittelpunkte befand ſich ein Diopter, durch welches der Beobachter nach dem Meereshorizonte viſirte; ein bewegliches Diopter auf dem kleinen Bogen wurde alsdann ſo weit verſchoben, bis das durch daſſelbe auf das Diopter im Mittelpunkte fallende Bild nach einem dritten auf dem größeren Bogen befindlichen Diopter reflectirt wurde, an welchem letzteren das Auge beobachtete; die Summe der beiden zwiſchenliegenden Bogen war der Höhe der Sonne gleich, ſowie die zwei übrigbleibenden Bogen der Zenithdiſtanz.

Beiden eben beſchriebenen Inſtrumenten fehlte es an Genauigkeit und an leichter Handhabung, obgleich man ihre Einrichtung inſofern verbeſſerte, daß ſtatt des directen Sonnenlichtes dadurch erzeugte Schatten beobachtet wurden. Später wurden ſie indeſſen mit Vortheil durch die Reflexionsinſtrumente, deren erſte Idee von Newton ſtammt, erſetzt, nämlich durch den Octanten, den Sextanten und den Reflexionskreis. Seit der Abhandlung Hadley's aus dem Jahre 1731 über dieſe neuen Inſtrumente, haben dieſelben bei den Seefahrern aller Nationen Eingang gefunden. Wir wollen zunächſt das Princip erörtern, auf welchem die Reflexionsinſtrumente beruhen.

Denken wir uns in M V (Fig. 357) einen feſten Spiegel mit parallelen Flächen aufgeſtellt, welcher nur in der Hälfte ſeiner Höhe belegt iſt, und deshalb ſowohl die durchgehenden Strahlen H I O, als die reflectirten Strahlen K I O nach einem Fernrohre oder Diopter L gelangen läßt. Sei ferner ein vollſtändig belegter und um den Punkt K beweglicher Spiegel A N urſprünglich parallel zu M V geſtellt: ſo wird

ein parallel zu H I auf A N fallender Lichtſtrahl S K offenbar in einer Linie K I und hierauf in der Richtung I O reflectirt, dergeſtalt daß nach dieſer doppelten Brechung der Strahl mit dem directen Strahle H I O zuſammenfällt. Dies folgt mit Nothwendigkeit aus der Theorie der Parallellinien, verbunden mit der Eigenſchaft des Lichtes, wonach die Winkel der einfallenden und der reflectirten Lichtſtrahlen mit der zurückwerfenden Fläche gleich ſind*). Außerdem iſt klar, daß die Ebenen der beiden Spiegel auf der Ebene der einfallenden Strahlen H I und S K ſenkrecht ſein müſſen. Geſetzt nun, ein anderer Lichtſtrahl E K falle auf den Spiegel A N, ſo können wir letzteren ſo weit, d. h. bis zur Stellung A' N' drehen, daß der Lichtſtrahl E K den Weg E K I O durchläuft und nach zwei Reflexionen gleichfalls mit H I O zuſammenfällt. Offenbar iſt hierbei

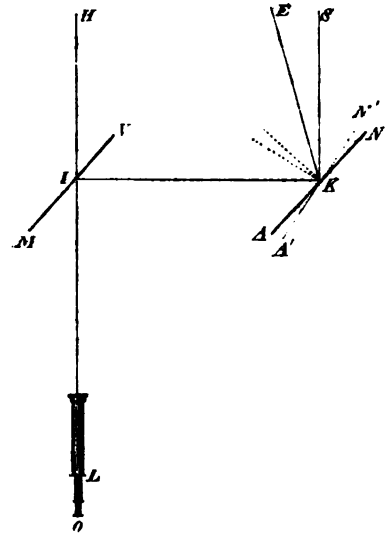


Fig. 357. — Princip der Reflexionsinſtrumente.

$$EKS = EKN' + N'KN - SKN;$$

ferner hat man wegen der erwähnten Eigenſchaft der zurückgeworfenen Strahlen

$$SKN = IKA, \quad EKN' = IKA',$$

und folglich auch

$$EKS = IKA' + N'KN - IKA.$$

Aber

*) Siehe im 1. Bande der Aſtronomie Buch 1, Kap. 9, S. 22 bis 26, und Buch 3, Kap. 2, S. 65.

$$I K A' - I K A = A K A' = N' K N,$$

ſo daß ſchließlich die Gleichung

$$E K S = 2 N' K N$$

hervorgeht, d. h. der Winkel der beiden Strahlen E K und S K iſt doppelt ſo groß als der Winkel, um welchen der bewegliche, ganz belegte Spiegel A N hat gedreht werden müſſen, um die Bilder von E und von H zur Coincidenz zu bringen. Der bewegliche Spiegel heißt der große: der andere feſte, nur zum Theil belegte Spiegel dagegen führt den Namen des kleinen Spiegels.

Bei allen Reflexionsinſtrumenten nimmt an der Bewegung des großen Spiegels eine mit Nonius verſehene Alhidade Theil, welche ſich längs eines getheilten Kreisbogens bewegt. Um der Multiplica-

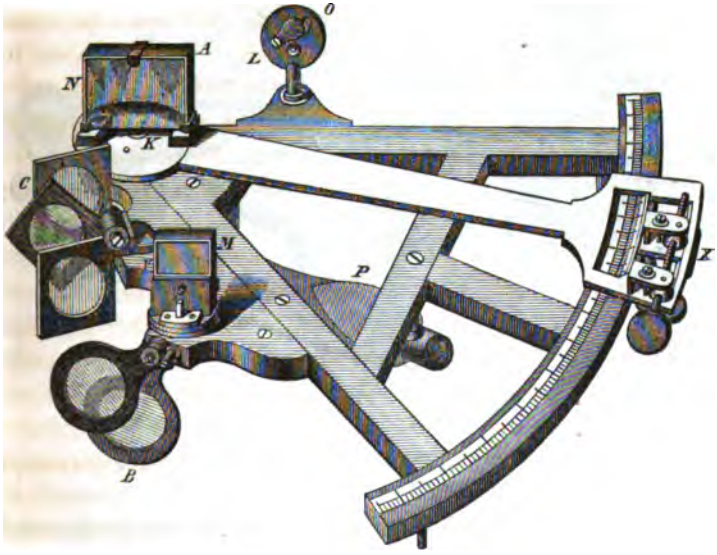


Fig. 358. — Der Octant.

tion des Winkels überhoben zu ſein, ſind auf dieſem Kreiſe gleich die doppelten Werthe der wirklich durchlaufenen Winkeltheile angegeben.

Wenn der von der Alhidade des beweglichen Spiegels beſchriebene Bogen 45 Grade oder den achten Theil des Kreisumfanges be-

trägt, ſo heißt das Inſtrument Octant (Fig. 358), und geſtattet alle Winkel zwiſchen 0 und 90° zu meſſen. Dagegen erhält man den Sextanten (Fig. 359), wenn der getheilte Kreisbogen den ſechſten Theil der Peripherie oder 60 Grade enthält, und folglich zur Meſſung von Winkelabſtänden bis zu 120° geeignet iſt. Die in Frankreich von Gambey gebauten Sextanten gewähren eine wunderbare Genauigkeit und ſind mit Recht berühmt.

Der Beobachter hält dieſe Inſtrumente an einem Griffe P in der rechten Hand, während die linke das Verſchieben der Alhidade X beſorgt. Viſirt man nach Himmelskörpern von zu blendendem Lichte,

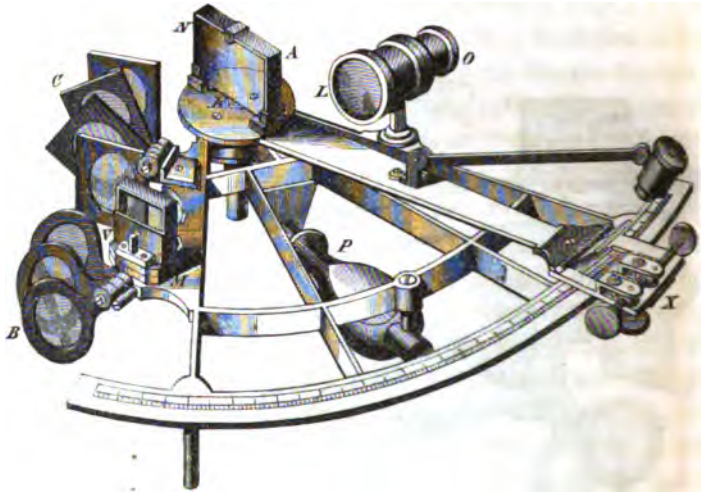


Fig. 359. — Der Sextant.

wie die Sonne und zuweilen der Mond, ſo pflegt man die Intenſität der Strahlen durch Einſchaltung gefärbter Gläſer B und C zu ſchwächen, die an Charnieren beweglich ſind.

Die vermittelſt des Octanten oder des Sextanten ausgeführten Beobachtungen erfordern, daß die Ebenen der beiden Spiegel zur Ebene des getheilten Limbus vollkommen ſenkrecht ſtehen, und daß außerdem die Alhidade genau dem Nullpunkte der Theilung entſpreche, ſobald

die beiden Spiegel eine parallele Lage haben. Die etwa nöthigen Rectificationen geſchehen ſehr bequem durch Schrauben, die an den beiden Spiegeln angebracht ſind. Man blickt in der Richtung des großen Spiegels, und ein wenig zur Seite, um zu gleicher Zeit den Kreisbogen direct und ſein reflectirtes Bild zu ſehen; beide Bogen müſſen genau in ihrer gegenſeitigen Verlängerung erſcheinen. Iſt dies erreicht, ſo ſtellt man die Alhidade auf den Nullpunkt der Theilung ein, und viſirt nach einer fernen Spitze oder Stange, wie z. B. nach der Stange eines Blitzableiters, während das Inſtrument ſich in einer zu dieſem Gegenſtande ſenkrechten Ebene befindet. Alsdann läßt ſich der kleine Spiegel leicht in eine ſolche Lage bringen, daß die von bei-

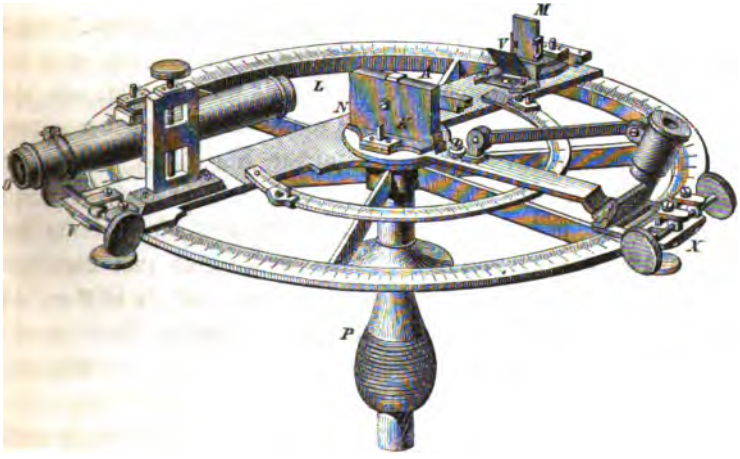


Fig. 360. — Reflexionskreis.

den Spiegeln reflectirten Bilder vollkommen coincidiren. Auf dem Meere kann man den Fehler des Nullpunktes, den ſogenannten Collimationsfehler corrigiren, indem man nach der Sonne viſirt und das reflectirte Bild ſucceſſive mit den entgegengeſetzten Rändern der Sonnenſcheibe zur Berührung bringt.

Borda hat die Reflexionsinſtrumente nicht unweſentlich modificirt, indem er das Princip der Repetition darauf anwandte und die Einrichtung traf, daß die Beobachtungen von dem Collimations-

fehler unabhängig werden. Bei dem von ihm angegebenen Reflexions- oder Repetitionskreise (Fig. 360) ist das aus dem kleinen Spiegel M V und dem Fernrohre O I. zusammengesetzte System nicht fest, wie beim Octanten und Sextanten, sondern läßt sich ganz um den Limbus herum bewegen, wobei eine Alhidade V V das Fernrohr begleitet. Außerdem bewegt sich unabhängig davon der große Spiegel A K N auf einem ganzen Kreise. Man stellt nun zunächst die Alhidade des großen Spiegels auf den Nullpunkt der Theilung ein und befestigt sie in diesem Punkte; hierauf wird das System des Fernrohrs und kleinen Spiegels gedreht, bis das Bild eines direct gesehenen Gegenstandes mit dem eines zweiten Objectes, nach doppelter Reflexion auf beiden Spiegeln, zur Deckung kommt. Dem oben bewiesenen Principe zufolge ist alsdann der Winkel der beiden Spiegel halb so groß, als der Winkelabstand beider Objecte. Jetzt wird der kleine Spiegel nebst Fernrohr an dem Limbus festgeschraubt, und das Instrument umgedreht, so daß die eine Fläche an die Stelle der andern kommt. Man richtet das Fernrohr auf das erste Object, wobei das zweite unsichtbar bleibt, weil der große Spiegel nicht nach der Seite dieses Gegenstandes gewendet ist. Löst man aber die Alhidade des großen Spiegels und. drehet, bis das zweite Bild zum Vorschein kommt und mit dem des ersten Objects zusammenfällt, so ist klar, daß der Zeiger des Vernier auf dem Limbus den doppelten Winkel durchlaufen hat. Auf diese Weise vermindert man den Fehler der Ablesung auf die Hälfte, den vierten Theil, u. s. w.

Die eben beschriebenen Instrumente können dazu dienen, sowohl um die Höhe eines Gestirns über dem Horizonte zu finden, als die Winkeldistanz zweier Himmelskörper in einem gegebenen Augenblick zu messen. Verbindet man diese Beobachtungen mit dem Gebrauche der in der Connaissance des Temps enthaltenen Tafeln, so erhält man also die Breite des Schiffes, die genaue Zeitbestimmung in wahrer oder in mittlerer Zeit, und endlich die Länge. Die Distanzen des Mondes von der Sonne, den großen Planeten und den helleren Fixsternen, wie Aldebaran, α Virginis, Pollux, Regulus, Antares, α Arietis, Fomalhaut, α Pegasi, α Aquilae, u. s. w., sowie die hauptsächlichsten Umstände der Finsternisse und Sternbedeckungen finden sich

in den Tafeln der Connaissance des Temps angegeben, und liefern ebenſoviele leichte und ſichere Mittel, um überall durch Sextantenbeobachtungen und mit Hülfe einer ſehr einfachen Rechnung das einſt ſo ſchwierige Problem der Längenbeſtimmung zu löſen, ſobald als die Zeit eines Ortes und ſeine Breite durch Höhenbeobachtungen bekannt geworden ſind.

Wenn man zur See die Höhe eines Geſtirnes über dem Horizonte, wie z. B. Sonnenhöhen zu beſtimmen hat, ſo mißt man zunächſt den ſenkrechten Abſtand des Geſtirnes von einer durch das Auge des Beobachters an die runde, der Kugelgeſtalt der Erde entſprechende Oberfläche des Oceans, gelegten berührenden Ebene. Offenbar aber trifft dieſe Tangentialebene das Himmelsgewölbe um ſo tiefer unter dem wahren Horizonte, je höher der Beobachter über der Meeresoberfläche ſich befindet. Die gemeſſene Höhe muß alſo um eine gewiſſe von der Stellung des Auges abhängige Größe, die ſogenannte Depreſſion des Horizontes, vermindert werden. Die Berechnung dieſer Depreſſion ergibt folgende numeriſchen Werthe:

Höhe des Auges über der Meeresoberfläche.	Depreſſion des Horizontes.
1 Meter	1′ 56″
3 „	3 20
10 „	6 6
20 „	8 36
30 „	10 34
40 „	12 12

Dies ſind in Kurzem die Principien der nautiſchen Aſtronomie, welche den Seefahrer in den Stand ſetzen, ſich über die Zeit und die Lage des jedesmaligen Ortes, wo ſich ſein Schiff befindet, zu unterrichten, und damit über den Weg zu orientiren, den er durch die weiten, ſpurloſen Flächen des Oceans, fern vom feſten Lande und von jedem irdiſchen, als Wegweiſer dienenden Objecte, zu verfolgen hat, um das gewünſchte Ziel zu erreichen. Dieſelben Principien bleiben vollſtändig anwendbar auch für Reiſen auf dem feſten Lande, wenn man nur den Meereshorizont durch einen aus Glas oder der Oberfläche einer ruhenden Flüſſigkeit, wie Queckſilber oder Oel, beſtehenden

künſtlichen Horizont erſetzt. Alsdann muß man das Geſtirn direct und im reflectirten Bilde beobachten, d. h. man mißt den Winkel zwiſchen dem unteren Rande der Scheibe des Himmelskörpers und dem Bilde deſſelben, wie es durch Reflexion im künſtlichen Horizonte entſteht. Hieraus ergibt ſich die doppelte Höhe des unteren Randes des beobachteten Geſtirnes über dem Horizonte, welcher man noch den Betrag des ſcheinbaren Durchmeſſers hinzuzufügen hat, um die doppelte Höhe des Mittelpunkts des Geſtirnes zu erhalten.

Das vorſtehende Kapitel, deſſen Einzelheiten allerdings ein wenig trocken ſein mögen, beſchließt die Erläuterungen, welche ich über den Kalender zu geben hatte, und ich denke, daß der Leſer nunmehr eine Vorſtellung davon gewonnen hat, wie es möglich iſt, alle Ereigniſſe, die auf der Oberfläche unſeres Planeten ſich zutragen, in der Zeit zu fixiren. Es bleibt mir noch übrig, die Principien der populären Aſtronomie, welche ich ſo klar als möglich darzuſtellen beſtrebt geweſen bin, durch einige Seiten zu ergänzen, in denen ich mich mit dem Leſer ſucceſſive auf die hauptſächlichſten Körper unſeres Sonnenſyſtems verſetze, und ihm von dieſen verſchiedenen Standpunkten aus die Erſcheinungen am Himmelsgewölbe zu erklären verſuche.

Vierunddreißigſtes Buch.

Uranographiſche Miscellen.

Erſtes Kapitel.

Einleitung.

Es iſt nicht ohne Intereſſe, zu unterſuchen, welche Schwierigkeiten der Menſch zu überwinden haben würde, um zur Kenntniß des Weltſyſtems zu gelangen, wenn er ſich auf dem Monde, oder dem Jupiter, dem Saturn u. ſ. w. befände, und nur die von dieſem ſpeciellen Standpunkte aus anzuſtellenden Beobachtungen zu ſeiner Verfügung hätte. Meines Wiſſens iſt Keppler der Erſte geweſen, der die aſtronomiſchen Erſcheinungen unter dieſem Geſichtspunkte betrachtet hat.

Ich will hier Keppler's Beiſpiele zu folgen verſuchen, in der Ueberzeugung, daß eine derartige Betrachtung, außer ihren merkwürdigen und höchſt intereſſanten Ergebniſſen, für die Liebhaber der Aſtronomie eine ſehr zweckmäßige Uebung bietet.

Aeußerſt fromme Perſonen ſind auf den Gedanken gekommen, ob nicht eine ſträfliche Uebertretung der Vorſchriften der heiligen Schrift in der Unterſuchung darüber liege, wie ſich die Aſtronomie für einen auf den verſchiedenen Planeten befindlichen Beobachter geſtalten würde. Dieſe Anſicht kann ich nicht theilen; denn wenn wir uns einen Beobachter auf die einzelnen Planeten und ſelbſt in den Mittelpunkt der Sonne verſetzt denken, ſo ſagen wir damit nicht, daß dort in der That ſolche den Bewohnern unſeres Erdballes vergleichbare Geſchöpfe exiſtiren. Ueberdieß haben ſehr gelehrte Theologen, wie z. B. der Doc-

tor Chalmers bewieſen, daß keine Stelle der heiligen Schrift der Annahme widerſpricht, daß die Planeten bewohnt ſeien.

Zweites Kapitel.

Die Aſtronomie für einen im Mittelpunkte und auf der Oberfläche der Sonne befindlichen Beobachter.

Denjenigen, welche ſich darüber verwundern ſollten, wie es mir einfallen könne, die Erſcheinungen am Firmamente für einen auf der Sonne befindlichen Beſchauer zu beſchreiben, muß ich entgegnen, daß eine derartige Annahme in keiner Weiſe zu der Conſequenz berechtigt, daß dieſes Geſtirn bewohnt ſei, bewohnt vornämlich durch Weſen menſchlicher Gattung. Ich thue ſogar nichts Anderes, als einem von verſchiedenen geiſtlichen Schriftſtellern mir gegebenen Beiſpiele folgen, wie z. B. vom Abbé Hervas y Panduro, Mitglied der Geſellſchaft Jeſu, in der Schrift Viago estatico al mundo planetario, gedruckt zu Madrid im Jahre 1763. Um endlich auch die furchtſamſten Gewiſſen zu beruhigen, füge ich hinzu, daß bereits im funfzehnten Jahrhunderte der Cardinal de Cuſa ein Werk erſcheinen ließ, in welchem er den Beweis zu führen ſuchte, daß die Sonne bewohnt ſei.

Für einen Beobachter im Mittelpunkte des Sonnenkörpers erſcheinen ebenſo wie für den Beſchauer auf der Erde alle Sterne an der Himmelskugel befeſtigt, mit dem Unterſchiede jedoch, daß während von unſerer Erde aus geſehen dieſe Kugel einer allgemeinen Bewegung von Oſten nach Weſten unterworfen zu ſein ſcheint, in dem vorliegenden Falle das Firmament unverrückt verharrt. Die Aſtronomen auf der Erde haben aus jener raſchen ſcheinbaren Bewegung eine Zeiteinheit (den ſideriſchen Tag) abgeleitet, um den Gang ihrer Uhren danach zu reguliren und beim Studium der Himmelserſcheinungen den vielfältigſten Gebrauch davon zu machen. Dieſes Hülfsmittels beraubt, würde der Beobachter im Sonnenmittelpunkte, für deſſen Auge die Sterne vollkommen unbeweglich ſind, ſich genöthigt ſehen, etwa die Zeit, in welcher der Mond einen Umlauf um die Erde zurückzulegen ſcheint, zur Regulirung ſeiner Uhr zu benutzen. Uebrigens ließe ſich

wohl kaum etwas Einfacheres denken, als die Astronomie für einen so gestellten Beobachter.

Die Lichtgestalten von Merkur und Venus, ein so bemerkenswerthes Phänomen für den Bewohner der Erde, können weder für diese beiden, noch für die übrigen Planeten stattfinden. Man würde folglich dieses Mittels entbehren, um zu entscheiden, ob die Planeten selbstleuchtende Körper sind oder nicht.

Ferner würden sich die Planeten sämmtlich in derselben Richtung, obwohl mit ungleicher Geschwindigkeit, durch die verschiedenen Sternbilder bewegen, ohne auf ihrem scheinbaren Laufe jemals stationär und rückläufig zu werden, welche Erscheinungen den Astronomen des Alterthums, wie den späteren Beobachtern lange Zeit große Verlegenheit bereiteten.

Von der Sonne aus könnte allerdings der Astronom durch Messungen der veränderlichen Planetendurchmesser mit einem sehr genauen Mikrometer die Distanzänderungen jedes Planeten bestimmen und bis zu einem gewissen Punkte finden, daß diese Himmelskörper sich nicht in Kreisen bewegen, allein es würde ihm kein Mittel zu Gebote stehen, um die absoluten Abstände, noch selbst um die Verhältnisse derselben zu entdecken. Für ihn würden demnach die schönen Gesetze Keppler's in einem verschlossenen Buche stehen. Zur Bestimmung der relativen Entfernungen der Planeten würde er keine Methode besitzen; höchstens könnte er auf dem Wege der Conjectur zu der Annahme gelangen, daß diejenigen Planeten der Sonne am nächsten stehen, welche die geringste Zeit brauchen, um zu denselben Fixsternen zurückzukehren, und daß dagegen die entferntesten ihren Umlauf in der längsten Frist vollenden. So mag er schließen, daß Merkur der nächste und Saturn der entfernteste unter allen von Alters her bekannten Planeten ist.

Nicht wenig verbessern sich diese unvollkommenen Mittel der astronomischen Erkenntniß, wenn wir den Beobachter aus dem Mittelpunkte der Sonne auf ihre Oberfläche versetzen. Dann gehen die Sterne an den Grenzen des jedem Orte zukommenden Horizontes auf und unter; die Richtung dieser Bewegung ist für alle Sterne von Osten nach Westen, und der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auf- oder Untergängen enthaltene Zeitraum, mit andern Worten das Intervall zwi-

ſchen zwei ſucceſſiven Durchgängen eines beliebigen Sternes durch den Meridian, beträgt conſtant 25,34 Tage. Folglich kann der Aſtronom jetzt die Meſſung der Zeit aus den beobachteten Bewegungen ableiten.

Es iſt eben erwähnt worden, daß für den Beobachter auf der Oberfläche des Sonnenkörpers die Himmelskugel ſich von Oſten nach Weſten zu drehen ſcheint; wir müſſen hinzufügen, daß die Axe, um welche dieſe Rotationsbewegung vor ſich geht, mit derjenigen, um die wir von der Erde aus den Himmel ſich drehen ſehen, keineswegs zuſammenfällt; anſtatt nach dem kleinen Bären gerichtet zu ſein, geht die Pollinie durch den excentriſchen Standpunkt des Beobachters in Bezug auf den Punkt, um welchen alle planetaren Bewegungen erfolgen, und es werden ſich auf ſolche Weiſe Ungleichheiten dieſer Bewegungen ergeben, die zur Ableitung der Entfernung jener verſchiedenen Geſtirne von der Sonne führen können.

Es wäre folglich möglich, daß ein Aſtronom blos vermittelſt ſeiner auf der Oberfläche der Sonne angeſtellten Beobachtungen bis zu einem gewiſſen Punkte zur Kenntniß der Keppler'ſchen Geſetze gelangte.

Drittes Kapitel.

Die Aſtronomie für einen Beobachter auf dem Merkur.

Fragen wir zuerſt, unter welchem Winkel ein Aſtronom vom Merkur aus die Sonne erblicken würde, ſo ergibt ſich leicht, daß während von der Oberfläche der Erde aus geſehen der mittlere Durchmeſſer dieſes Himmelskörpers 30 Minuten beträgt, derſelbe auf dem Merkur unter einem Winkel von 1° 17′ 30″ erſcheinen muß. Einem Merkurbewohner erſcheint folglich die Sonne als eine flache, leuchtende Scheibe, deren Oberfläche ſich zur Größe der Sonnenſcheibe auf der Erde wie 6,7 zu 1 verhält.

Da die Intenſität des Sonnenlichtes im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung ſich ändert, ſo ſteht der auf den Merkur fallende Theil dieſes Lichtes zu der von einem gleich großen Stücke der Erdoberfläche empfangenen Portion im umgekehrten Ver-

hältniſſe des Quadrats der Zahlen 0,387 und 1, d. h. im Verhältniſſe von 6,67 zu 1. Alſo darf man auch vorausſetzen, daß die von den Sonnenſtrahlen ausgeübte Wärmewirkung auf dem Merkur weit größer iſt, als auf unſerer Erde. Wir werden uns indeß begnügen, in allgemeinen Ausdrücken dieſe höhere Temperatur des Merkur anzudeuten, weil zur Begründung einer numeriſchen Schätzung in Bezug auf einen beſtimmten Theil des Planetenkörpers man nothwendigerweiſe die Conſtitution ſeiner Atmoſphäre, vornämlich mit Rückſicht auf die Durchſichtigkeit derſelben, genau kennen müßte.

Da Merkur ſich in 24 St. 5 Min. (unſerer Stunden) von Weſten nach Oſten um ſich ſelbſt dreht*), ſo beſitzt das Firmament eine ſcheinbare Bewegung in der entgegengeſetzten Richtung, und vollendet dabei eine vollſtändige Umdrehung in der nämlichen Zeit, in welcher ein beſtimmter Horizont zu derſelben Lage zurückkehrt, d. h. in 24 Stunden 5 Minuten.

Vom Merkur aus geſehen ſcheint die Sonne am Himmel ſich zu bewegen, und in 87,97 oder faſt 88 von unſeren Tagen alle Conſtellationen zu durchlaufen; dies iſt folglich der Zeitraum, welchen die Merkurbewohner ihr Jahr zu nennen haben.

Aequinoctien und Solſtitien gibt es auf dem Merkur wie auf der Erde; die erſteren treten ein, wenn die Durchſchnittslinie des Merkuräquators mit der Ebene ſeiner Bahn durch die Sonne geht; die Solſtitien finden ſtatt, wenn die Sonne ſich um 90 Grade von den Aequinoctialpunkten entfernt hat.

Wir ſahen, daß für den Abſtand des Merkur der mittlere Sonnendurchmeſſer 1° 17′ 30″ beträgt: indeß ſchwankt dieſer Werth beträchtlich hin und her, zwiſchen den Grenzen 1° 37′ 43″ im Maximum und 1° 4′ 14″ im Minimum. Da dieſe Schwankungen erſichtlicherweiſe mit den Diſtanzveränderungen des Planeten von der Sonne zuſammenhängen, ſo kann die ſcheinbare Bahn des Licht ſpendenden Geſtirnes um den Merkur keine Kreisbahn ſein.

Wenn ein Beobachter auf dem Merkur über die Illuſionen ſeiner Sinne ſo weit Herr zu werden vermöchte, um zu erkennen, daß die

*) Siehe im zweiten Bande der Aſtronomie, Buch 18, Kap. 4, S. 445.

ſcheinbare Bewegung der Sonne die nothwendige Folge ſeiner eigenen Umlaufsbewegung um dieſen Himmelskörper iſt, ſo würde er aus den unaufhörlichen Veränderungen des Sonnendurchmeſſers auf die relativen Werthe der Radiivectoren ſchließen, welche jedem Beobachtungstage entſprechen und daraus die Folgerung ziehen, daß ſein Planet eine elliptiſche Bahn beſchreibt, in deren Brennpunkte die Sonne ſteht.

Wir haben mit Abſicht in dieſem ſehr kurzen Abriſſe der Aſtronomie des Merkur kein Wort geſagt von all' dem Glänzenden und Lebendigen, was der Pater Athanaſius Kircher bei ſeiner ekſtatiſchen Reiſe nach dieſem Planeten erblickte, noch von den günſtigen Einflüſſen in Bezug auf geiſtige und körperliche Geſchicklichkeit, welche die Menſchen bei ihrer Geburt durch die Wirkung des Merkur erfahren ſollen.

Seine ekſtatiſche Reiſe, ſo kleidet Pater Kircher ſeine Erzählung ein, habe er unter der Führung eines Genius gemacht, der ihn durch die Räume des Himmels und nach den verſchiedenen Sternen geleitete, und nun berichtet er über alle Dinge, die er auf dieſer wunderbaren Wanderung wahrgenommen. Aber ſeine Darſtellung trägt überall die Spuren der aſtrologiſchen Träumereien jener Zeit, und der Irrthümer, von welchen die Aſtronomie im eigentlichen Sinne damals umlagert war. Ein anderes Werk deſſelben Verfaſſers, ſeine Ars magna lucis et umbrae, verdient, obgleich nicht völlig frei von Unklarheit, dennoch weit mehr als ſeine ekſtatiſche Reiſe die Aufmerkſamkeit der Gelehrten auf ſich zu ziehen.

Viertes Kapitel.

Die Aſtronomie für einen Beobachter auf dem Jupiter.

Vom Jupiter aus geſehen erſcheint die Sonne unter der Geſtalt einer kreisrunden Scheibe von 5′ 46″ im Durchmeſſer.

Wenn man von der Erde aus ſich eine Vorſtellung über die Größe und den Glanz bilden will, unter welchem die Sonne von einem auf dem Jupiter befindlichen Beſchauer geſehen wird, ſo muß man in einem undurchſichtigen Schirme eine Oeffnung ausſchneiden, deren Durchmeſſer dem unbewaffneten Auge unter einem Winkel

von 5′ 46″ erſcheint, und den Schirm ſo aufſtellen, daß jene Oeffnung ſich auf die Sonne projicirt, denn der ſcheinbare Durchmeſſer der letzteren nimmt mit der Entfernung ab, während ihr eigenthümlicher Glanz derſelbe bleibt.

Die von der Sonne der Jupiteroberfläche mitgetheilte Wärme- und Lichtmenge verhält ſich zu der Quantität Wärme oder Licht, welche eine Fläche von gleicher Ausdehnung in dem Abſtande der Erde empfängt, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen, oder wie 0,037 zu 1 (27. Buch, Kap. 1, S. 265).

Ich erinnere von Neuem daran, daß man ſich nicht allein an dieſe Zahlen halten darf, wenn man über die relativen Temperaturverhältniſſe von Erde und Jupiter ein Urtheil fällen will. Selbſt bei einer gleichen Wärme- und Lichtmenge könnte die ſchließliche Temperaturwirkung infolge der Eigenſchaften der gasförmigen Hüllen, welche die Planeten umgeben, beträchtlich modificirt werden, je nach dem größeren oder geringeren Widerſtande, den dieſe Umhüllungen dem Durchgange der Wärmeſtrahlen entgegenſtellen, u. ſ. w.

Man braucht nur an die von Sauſſure angeſtellten Verſuche über die ſchließliche Temperatur, welche ein von mehreren Hüllen durchſichtiger Gläſer umgebener Körper annimmt, zu denken, um ſich von der Nothwendigkeit der Beſchränkung zu überzeugen, deren ich eben gedachte.

Der Aſtronom auf dem Jupiter ſieht die Sterne im Oſten auf- und im Weſten untergehen; in etwas weniger als zehn Stunden legen ſie einen vollſtändigen Umlauf zurück (Buch 27, Kap. 3, S. 269), ſo daß der zwiſchen ihrem Auf- und Untergange begriffene Zeitraum niemals zehn Stunden erreichen kann.

Die Sonne ſcheint den Jupiterbewohnern unter den Sternen eine Bewegung in der Richtung von Weſt nach Oſt zu beſitzen, und zwar braucht ſie 4332,58 Tage oder 11 Jahre 10 Monate 17,6 Tage, um den ganzen Thierkreis zu durchlaufen.

Merkur, Venus, Erde und Mars ſind für den Beobachter auf dem Jupiter untere Planeten, welche ſich von der Sonne nur bis auf gewiſſe Diſtanzen bald weſtlich bald öſtlich entfernen, deren Betrag ſich mit Hülfe von Fernröhren als etwas veränderlich herausſtellen muß.

Mars ſelbſt wird nur in ſeltenen Fällen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar ſein, da er in ſeiner größten Digreſſion ſich nicht weiter als 16 Grade von der Sonne entfernt. Der Saturn dagegen erſcheint vom Jupiter aus als oberer Planet, und befolgt in ſeiner jährlichen Bewegung bald einen directen bald einen retrograden Lauf; als Uebergang von einer Bewegungsrichtung zur anderen erſcheint der Planet von Zeit zu Zeit ſtationär.

Da der Jupitersäquator bis auf Weniges mit ſeiner Bahnebene zuſammenfällt, ſo muß die Sonne ſich den verſchiedenen Punkten auf der Oberfläche des Planeten immer in derſelben Weiſe zeigen; da folglich die Licht- und Wärmequantitäten, welche dieſe verſchiedenen Punkte von der Sonne empfangen, zu allen Zeiten die nämlichen ſind, ſo findet auf beiden Hemiſphären kein Unterſchied von Winter und Sommer ſtatt. Auf dem Jupiter herrſcht alſo ein ewiger Frühling, wofern man mit dieſem Ausdrucke den richtigen Sinn verbindet (Buch 33, Kap. 41, S. 583), der in dieſem Falle nichts Anderes bezeichnet, als daß die erleuchtende und erwärmende Kraft der Sonne für jeden beſtimmten Punkt auf dem Planeten beſtändig dieſelbe iſt, woraus aber keineswegs hervorgeht, daß dieſe Einwirkung unveränderlich bleiben muß, wenn man die unter verſchiedenen Breiten gelegenen Punkte mit einander vergleicht.

Die Satelliten oder Monde des Jupiter brauchen im Vergleich zu der Zeit, in welcher unſer Mond ſich um die Erde bewegt, nur ſehr kurze Zeit zu ihrem Umlauf um den Hauptplaneten. Der erſte und dem Jupiter zunächſtſtehende Mond durchläuft die 360 Grade ſeiner Bahn in 1,77 Tagen, eine Schnelligkeit, welche dem Geographen und dem Seefahrer des Jupiter äußerſt genaue Mittel an die Hand geben muß, um die Länge der Punkte, wo er reiſt, zu beſtimmen. Ebenſo müſſen die beim Durchgange durch den Schattenkegel des Jupiter auf der von der Sonne abgekehrten Seite eintretenden Verfinſterungen dieſes Mondes, ſo wie die bei den beſtändig wiederkehrenden Stellungen deſſelben zwiſchen Sonne und Planeten erfolgenden partiellen Sonnenfinſterniſſe, auf dem Jupiter jeden Tag zu nicht minder genauen Methoden führen, um die Geographie und Schifffahrtskunde zu vervollkommnen.

Der Pater Kircher erzählt in seiner ekstatischen Reise, daß die Luft auf dem Jupiter gesund, die Gewässer sehr klar und das Land so glänzend wie Silber sei. Alles dies ist streng genommen möglich, allein da die Beobachtungen derartige Folgerungen keineswegs rechtfertigen, so können wir davon nicht weiter Notiz nehmen.

Ebensowenig haben wir von den glücklichen Einflüssen zu sprechen, welche Jupiter und Venus dem Pater Kircher zufolge auf die Bewohner unserer Erde ausüben sollen. Dergleichen Conjecturen gehören nicht zur Astronomie, sondern sind der Astrologie zuzuweisen, einer vermeintlichen Wissenschaft, die schon lange allen Credit verloren hat.

Fünftes Kapitel.

Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Saturn.

Die Anhänger der causae finales haben ihr teleologisches Gewissen mit der Behauptung beruhigt, der Saturnring sei diesem Planeten verliehen, um die geringe Intensität der Sonnenstrahlen zu ersetzen. Indeß ist diese so häufig bekämpfte Theorie hier von vornherein unzulässig, weil auf einem beträchtlichen Theile der Oberfläche des Planeten der Ring gar nicht sichtbar ist.

Wenn man vom äußeren Rande des ersten Ringes Tangenten an die Planetenkugel zieht, so liegen die Berührungspunkte in 66° 36′ Entfernung vom Aequator des Saturn; folglich gibt es auf demselben zwei Zonen, mit einer Breitenerstreckung von 23° 24′, von den Polen an gerechnet, wo ein Beobachter von der Existenz des Ringes nicht die mindeste Ahnung haben würde, weil das Licht desselben niemals dahin gelangt.

Zieht man dagegen vom inneren Rande des Ringes Tangenten an den Körper des Saturn, so treffen diese den letzteren in einem Abstande von 53° 28′ vom Aequator: jenseit der Parallelkreise unter 53° 28′ bis zu den Polen wird also der innere Rand des Ringes nie wahrgenommen.

Untersucht man, wo vom Saturn aus gesehen die beiden Hauptringe, aus denen der Saturnring besteht, in größter Breite erscheinen,

ſo ergibt ſich für den äußeren Ring, daß derſelbe im Maximum einem Geſichtswinkel von 3° 19′ bei ungefähr 45° Entfernung vom Aequator entſpricht.

Die Spalte zwiſchen beiden Ringen wird unter einer Breite von 42° 45′ am weiteſten geöffnet unter einem Winkel von 47′ erblickt; der innere Ring endlich hat ſeine größte Breite von 11° 26′ unter den Parallelen von 35° 30′.

Im Aequator des Saturn zeigt ſich der Ring in der Geſtalt eines ſehr ſchmalen Lichtſtreifens, der durch das Zenith geht.

Für jeden auf der Oberfläche des Planeten gegebenen Punkt muß die Lage der Ringe ſtets denſelben Punkten des Himmels entſprechen, und demnach beſtändig die nämliche Zone von Sternen dadurch verdeckt werden.

Wenn man die in dem Buche über den Saturn enthaltenen numeriſchen Angaben dazu anwenden will, um über ſeine Entfernung von der Sonne, über ſeine Rotation und ſeine Monde ähnliche Berechnungen anzuſtellen, wie im vorhergehenden Kapitel für den Jupiter geſchehen, ſo wird man zu ganz analogen Betrachtungen geführt, wie in Bezug auf letzteren Planeten, weshalb wir uns hier in keine nähere Auseinanderſetzung einlaſſen.

Auf dem Saturn, ſagt uns Pater Kircher, iſt Alles traurig, abſchreckend und finſter; von der Einwirkung dieſes Planeten, in Verbindung mit dem gleichfalls ſchädlichen Einfluſſe des Mars, rühren alle widrigen Geſchicke her, welche auf der Erde den Sterblichen beſchieden ſind.

Sechſtes Kapitel.

Wie zeigen ſich die aſtronomiſchen Erſcheinungen einem auf dem Monde befindlichen Beſchauer?

Die hypothetiſchen Bewohner des Mondes hat man Selenien genannt, nach der griechiſchen Benennung unſeres Satelliten; wir werden uns im Folgenden dieſes Namens aus keiner anderen Rückſicht bedienen, als um Umſchreibungen zu vermeiden.

Wir bemerken von vorn herein, daß auf dem Monde zwei Halbkugeln zu unterſcheiden ſind, nämlich die beſtändig der Erde zugekehrte, und die andere, welche wir niemals zu Geſicht bekommen; wir denken uns den Beobachter zuerſt auf der ſichtbaren Hemiſphäre.

Auf der der Erde zugekehrten Mondhalbkugel ſieht der Mondbewohner oder Selenit alle Sterne des Firmaments ſich von Oſten nach Weſten um eine durch den Mittelpunkt des Mondkörpers gehende Axe bewegen, auf welcher die Ebene des Mondäquators ſenkrecht ſteht. Die gedachte Bewegung geht ſehr langſam von Statten, indem zwiſchen zwei aufeinanderfolgenden Auf- oder Untergängen ungefähr 27 Tage 8 Stunden unſeres Zeitmaaßes verfließen: folglich kann die ſcheinbare Geſchwindigkeit der Fixſterne, ſelbſt in der Nähe des Mondäquators, die für einen Beobachter auf der Erde ſtattfindende Geſchwindigkeit des Polarſternes kaum übertreffen.

Auch die ſcheinbare Bewegung der Sonne geſchieht mit ſehr geringer Schnelligkeit, denn für einen Seleniten, der ſeinen Ort nicht verändert, beträgt der Zeitraum zwiſchen zwei ſucceſſiven Sonnenculminationen ungefähr $29^1/_2$ Tage.

Für einen beſtimmten Ort auf der Mondoberfläche folgt auf einen continuirlichen Tag, deſſen Dauer faſt funfzehn irdiſchen Tagen gleich iſt, eine eben ſo lange continuirliche Nacht (Buch 21, Kap. 30, S. 385): es läßt ſich ohne weitere Erklärung einſehen, daß infolge der funfzehntägigen fortwährenden Einwirkung der Sonnenſtrahlen eine bedeutende Wärmeentwicklung entſtehen, und umgekehrt eine außerordentliche Kälte wiederum da erzeugt werden muß, wo funfzehn aufeinanderfolgende Erdtage hindurch die Sonne unter dem Horizonte geſtanden hat. Was aber einen Seleniten vorzugsweiſe in Verwunderung ſetzen muß, ſind die Erſcheinungen, welche er an der Erde beobachtet.

Den Blicken eines auf dem Monde befindlichen Aſtronomen erſcheint die Erde als ein glänzendes Geſtirn von etwa viermal größerem Durchmeſſer wie der Mond von der Erde aus geſehen; die ſcheinbare Oberfläche iſt alſo ſechszehnmal ſo groß als die der Mondſcheibe, und zeigt gleich der letzteren ſucceſſive alle verſchiedenen Phaſen oder Lichtgeſtalten.

Denken wir uns jetzt die Mittelpunkte der Erde und des Mondes durch eine gerade Linie verbunden, so wird für einen Beobachter, der sich im Durchschnittspunkte dieser Linie mit der Mondoberfläche befindet, die Erde im Zenith sein; sie wird der Reihe nach bei verschiedenen sich von Osten allmälich erhebenden Sternen stehen, dabei aber selbst fast unverrückt in Bezug auf die Verbindungslinie der beiden Mittelpunkte, d. i. in Bezug auf die Verticale des Beobachtungsortes, erscheinen.

Andere Beobachter erblicken die erleuchtete Erdkugel in einer Höhe von z. B. 45 Graden über dem Horizonte, ohne daß eine Veränderung dieser Stellung eintritt; an noch anderen geeigneten Punkten der Mondoberfläche erscheint die Erde eben aufgegangen über dem östlichen Horizonte, ohne weiter empor zu steigen; für gewisse Orte endlich steht die Erdscheibe nur zum Theile über dem Horizont des Mondbewohners, so daß z. B. am Westhorizonte der östliche Theil der Erdscheibe allein sichtbar ist, während der westliche bereits untergegangen scheint, und diese Stellung eines nur zur Hälfte sichtbaren Himmelskörpers wird während sehr beträchtlicher Zeiträume permanent bleiben.

Gewiß bedarf es für die Selenite keines geringen Scharfsinnes, um die reellen Ursachen der seltsamen Phänomene zu entdecken, welche wir soeben vor Augen geführt haben.

Mit Hülfe eines Fernrohres wird der Astronom auf dem Monde die Umdrehungsbewegung der Erde um ihre Axe wahrnehmen, und infolge derselben im Verlaufe von je 24 unserer Stunden die Continente und Meere, welche unsere Erdoberfläche bedecken, vor seinen Augen vorüberziehen sehen. Diese Meere und Continente unterscheiden sich von einander durch ihren Glanz, und zwar werden die glänzendsten Theile dem festen Lande, die dunkleren Partieen dagegen den mit Wasser bedeckten Gegenden entsprechen.

Für die Mondbewohner versieht folglich unsere Erde die Stelle einer natürlichen Uhr, eines wirklichen Zifferblattes. Wenn ein Punkt der Erdscheibe zu einer gewissen Stunde durch den Meridian eines Seleniten gegangen ist, so wird er denselben nach Verlauf von vierundzwanzig irdischen Stunden wiederum in dem nämlichen Meridiane finden; der Erdfleck, der eine bestimmte Zeit nach dem ersten im

Meridian gestanden hat, wird am folgenden Tage um dieselbe Anzahl Minuten und Secunden später dahin gelangen, als jener, u. s. w.

Die Polargegenden unserer Erde müssen den Seleniten je nach den Jahreszeiten ein weißliches Licht von größerer oder geringerer Ausdehnung zeigen.

Wenn schon auf der Erde einem Reisenden aus der nördlichen in die südliche Hemisphäre allmälich ganz neue Sternbilder, wie z. B. das südliche Kreuz, sichtbar werden, wie viel mehr muß für einen Mondbewohner eine Reise aus der von der Erde abgekehrten Halbkugel in die Gegenden überraschend sein, wo die Scheibe unseres Planeten beständig über dem Horizonte steht, und wenigstens in Beziehung auf eine mit der Oberfläche unseres Satelliten verbundene Mire in einer nahezu unbeweglichen Stellung verharrt!

Für die Bewohner der kreisförmigen Begrenzung, welche die sichtbare Mondhalbkugel von der für die Erde unsichtbaren scheidet, und in geringem Abstande von derselben muß unsere Erde zu gewissen Zeiten über dem Horizonte erscheinen und zuweilen unter demselben stehen: die Erde geht dort also auf und unter, aber nicht alle Nächte.

Auf der für die Erde sichtbaren Mondhalbkugel treten von Zeit zu Zeit Sonnenfinsternisse ein, und unter diesen totale, deren Dauer zwei Stunden betragen kann. Zuweilen lassen sich auch sehr kleine Verfinsterungen der Erde beobachten, d. h. das Verschwinden gewisser Theile unseres von der Sonne erleuchteten Erdballes beim Eintritte in den vom Monde geworfenen Schattenkegel.

Ich werde mich hier nicht mit der Reproduction der Reihe von Betrachtungen beschäftigen, durch welche berühmte Astronomen den Beweis haben führen wollen, daß die von uns abgekehrte Mondhemisphäre der geeignetste Ort im Universum für die Errichtung einer Sternwarte sei, wo die Gesammtheit der Beobachtungen mit der meisten Regelmäßigkeit und Genauigkeit angestellt werden könnte. Nur mag mir die Bemerkung gestattet sein, daß diese Bewunderer der für die Erde unsichtbaren Mondhalbkugel in ihrem Enthusiasmus vergessen, daß von dem Beobachtungsorte aus, welchen sie den Astronomen anweisen möchten, die Erde niemals zu sehen ist, und daß die relative

Unbeweglichkeit unſeres Erdballs für die Seleniten immerhin ein der wiſſenſchaftlichen Forſchung würdiger Gegenſtand ſein würde.

Siebentes Kapitel.

Von der Aſtrologie.

Die Aſtronomie hat tauſend Vorurtheile zerſtreut: ſie hat die weiſſagende (judiciaria) und ſelbſt die natürliche Aſtrologie geſtürzt und auf ihr Nichts zurückgeführt. Wie könnte man vergeſſen, daß ein Seneca an die abſurden Grundlagen dieſer vermeintlichen Wiſſenſchaft glaubte? daß ein Cicero mit den beiden berühmteſten Aſtrologen ſeiner Zeit, mit Firmanus und mit Nigidius Figulus in enger Freundſchaft ſtand? oder daß die Todesurtheile des Tiberius häufig die Folge der Horoſkope waren, welche der ſtete Begleiter dieſes Ungeheuers, ſein Aſtrolog, verfaßte?

Es wird hinreichen, wenn ich einige der abgeſchmackten und ſchmachvollen, in den Annalen der Aſtrologie verzeichneten Fälle den ſtaunenswürdigen Reſultaten, welche die Aſtronomie gewonnen hat, an die Seite ſtelle, um zu zeigen, wie weit ſich der von der Einbildungskraft allein geleitete Geiſt des Menſchen verirren kann, und wie groß auf der anderen Seite die Macht der menſchlichen Intelligenz iſt, die nur an der Hand der ſtrengen Beobachtung vorwärts ſchreitet.

Ein nicht ungeſchickter Mathematiker, Stoffler, der die Ehre hatte, in Tübingen Melanchthon unter ſeinen Zuhörern zu zählen, prophezeihete eine allgemeine Sündflut für das Jahr 1524. Es wird erzählt, daß bei dieſer Gelegenheit leichtgläubige Perſonen ſich ſchwimmende Fahrzeuge bauten: ein Doctor aus Toulouſe, Namens Auriol, ließ nach dem Muſter der Arche Noah's ein großes Schiff conſtruiren; indeß blieb, wie Voltaire in ſeinem Artikel über Aſtrologie im Dictionnaire philosophique berichtet, der ganze Monat Februar, für welchen die Flut vorhergeſagt worden, ausnahmsweiſe trocken. Die Veranlaſſung zu der ausgeſprochenen Prophezeihung hatte für Stoffler in dem zufälligen Umſtande gelegen, daß zu dem bezeichneten Datum die Planeten Mars, Jupiter und Saturn im Sternbilde der Fiſche in Conjunction traten.

Der Graf von Boulainvilliers, wie bekannt ein großer Liebhaber der Astrologie, und ein Italiener Namens Colonna, hatten Voltaire versichert, wie uns dieser selbst erzählt, er werde im Alter von zweiunddreißig Jahren sterben. Jedermann weiß, wie diese Vorhersagung in Erfüllung gegangen ist.

Nachdem Cardan in seinen astrologischen Prophezeihungen mehrmals sich betrogen, verkündigte er schließlich die Zeit seines Todes, und starb, so erzählt man, im Jahre 1575 an dem berechneten Datum vor Hunger, damit seine Vorhersagung erfüllt würde.

Katharina von Medicis war der Astrologie hingegeben, und setzte ein großes Vertrauen auf Nostradamus, der ihr unter Anderem empfahl, sich vor Saint-Germain zu hüten. Sie hatte ihr Observatorium im Hôtel de Soissons; dieser Thurm existirt noch auf der äußeren Umgrenzung der Getreidehalle.

Ludwig XIII. empfing den Beinamen des Gerechten, weil er unter dem Zeichen der Waage geboren war; im Augenblicke seiner Geburt (1601) nahm ein Astrolog seine Beobachtungen im anstoßenden Zimmer neben dem Gemache vor, wo die Königin entbunden wurde.

Wenn die Astrologie oder die Kunst, aus dem Laufe der Sterne die Zukunft vorherzusagen, in hohen Ehren stand, so brachte es dagegen aus einer seltsamen Inconsequenz große Gefahr, wenn Jemand in den Ruf kam, einen Einfluß auf die kommenden Dinge auszuüben, mit anderen Worten, der Magie oder der Hexerei mächtig zu sein.

Unter der Regierung Ludwig's XIII., oder vielmehr unter dem Regimente des Cardinal Richelieu, ward Urbain Grandier, der berühmte Pfarrer von Loudun, auf dem Marktplatze dieser Stadt am 18. August 1634, als der Hexerei schuldig, lebendig verbrannt. Das Urtheil hatte eine Commission von vierzehn, aus verschiedenen Gerichtshöfen genommenen Magistratspersonen gefällt.

Die Frau des Marschall d'Ancre war schon früher, den 8. Juli 1617, der Hexerei schuldig befunden, zum Tode verurtheilt, und an demselben Tage den Flammen übergeben worden.

Noch gegen die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts war die

Aſtrologie ſehr im Schwange. Morin z. B., welchem die Aſtronomie in eigentlichem Sinne einige Erkenntlichkeit dafür ſchuldet, daß er die Möglichkeit nachgewieſen, die Sterne am hellen Tage zu beobachten, war ein erklärter Anhänger der Aſtrologie. So feſt war Morin von der Gewißheit deſſen überzeugt, was ihm eine Wiſſenſchaft zu ſein ſchien, daß er Vorherſagungen für die nächſte Zukunft, deren Fehlſchlagen alſo noch bei ſeinen Lebzeiten eintreten konnte, aufzuſtellen wagte. So verkündete z. B. dieſer Aſtrolog den Todestag Gaſſendi's für Ende Juli 1650, „aber zu keiner Zeit", ſagte der Kanonikus von Digne, „habe ich mich beſſer befunden, als an dem verhängnißvollen Tage der Prophezeihung Morin's."

Der berühmte Feldherr aus dem dreißigjährigen Kriege, Wallenſtein, war bekanntlich ein großer Anhänger der Aſtrologie. Unzufrieden mit Keppler, der ihm für das Bedürfniß ſeiner Launen nicht genug Vorausverkündigungen lieferte, ließ er einen italieniſchen Aſtrologen mit Namen Seni zu ſich kommen und auf das Glänzendſte unterhalten. Bei wichtigen Gelegenheiten faßte er nie einen Entſchluß, ohne ſich des Rathes ſeines Aſtrologen zu bedienen; doch hat ihm dieſer, ſcheint es, nicht vorhergeſagt, daß Kaiſer Ferdinand ſchließlich Wallenſtein ermorden laſſen würde.

Die Combinationsgabe und die angeborene Fähigkeit aus Vergleichungen und Analogieen Schlüſſe zu ziehen, haben zu den glänzendſten Entdeckungen geführt, ſo lange dieſe Operationen des Geiſtes auf der Baſis reeller und beſtimmter Thatſachen vorgenommen wurden. Wo man dagegen eingebildete oder unklare Dinge combiniren oder zuſammenreimen wollte, ſind die logiſchen Folgerungen, zu denen man gelangte, jedesmal von handgreiflicher Abſurdität geweſen.

Im Alterthume hat es zwei Arten der Aſtronomie gegeben: die contemplative der Chaldäer und die Conjecturalaſtronomie der Griechen. Die contemplative Aſtronomie hat trotz ihrer ungeheuern Dauer nur wenig Früchte getragen; die Annalen der Conjecturalaſtronomie dagegen beſtehen zumeiſt aus einem langen Regiſter von eingebildeten Annahmen und lächerlichen Vorausſetzungen. Kaum daß man vereinzelt hier und da eine geiſtvolle und wahre Auffaſſung durchblicken ſieht: aber ſolche Bemerkungen befinden ſich dann in ſo ſchlechter Geſellſchaft,

und ſind auf ſo gebrechlicher Baſis aufgebaut, daß ſie ſelbſt bei den ſcharfſinnigſten Geiſtern faſt allen Werth verlieren. Fruchtbar und werthvoll iſt die Aſtronomie nur geweſen und konnte es nur da ſein, wo ſie ſich unveränderlich auf die genaue und kritiſche Beobachtung ſolcher Erſcheinungen geſtützt hat, welche mit Hülfe der Inſtrumente, mit denen wir unſer Auge zu verſtärken gelernt haben, für den Menſchen gewiſſermaßen materiell erreichbar geworden ſind.

Achtes Kapitel.

Von den Sternwarten. — Von den aſtronomiſchen Beobachtungen und den Umſtänden, welche ſie begünſtigen.

Man kann kaum erwarten, in Zukunft aſtronomiſche Entdeckungen von beſonderer Wichtigkeit an anderen Orten zu machen, als auf ſpeciellen Anſtalten, welche mit einer durchgängigen Solidität erbaut und mit feinen Inſtrumenten ausgerüſtet ſind. Wie Bailly ſagt, bedarf es zur Beobachtung der Geſtirne eines Aufenthaltes, der die Heiterkeit des Himmels mit der Stille der Zurückgezogenheit vereinigt.

Der Landgraf von Heſſen, Wilhelm IV., ließ auf ſeinem Schloſſe in Caſſel im Jahre 1561 ein Obſervatorium errichten und die Inſtrumente aufſtellen, welche ihm zur Bildung des Katalogs von neunhundert Fixſternen dienten, den die Wiſſenſchaft ihm zu verdanken hat.

Auf der Inſel Hween befand ſich die Sternwarte von Uraniburg, wo Tycho Brahe in den Jahren von 1580 bis 1597 die unzähligen und ſchönen Beobachtungen anſtellte, welche die Grundlage der neuern Aſtronomie geworden ſind.

Die Verwendungen des Longomontan beſtimmten ſpäter Dänemark zur Gründung des Obſervatoriums von Kopenhagen, welches 1632 angefangen und 1656 vollendet ward.

Hevel in Danzig ließ auf ſeinem eigenen Hauſe im Jahre 1641 eine Sternwarte erbauen, die der Schauplatz aller ſeiner Arbeiten geweſen iſt.

Die Sternwarte von Paris wurde unter der Regierung Ludwig's XIV., nach den Entwürfen des berühmten Erbauers der Colon-

nahe des Louvre, Claude Perrault, errichtet. Am 20. und 21. Juni 1667 unternahmen die ersten Mitglieder der französischen Akademie der Wissenschaften mittelst astronomischer Beobachtungen die Orientirung der Hauptmauern; indessen begann die ernstliche Arbeit des Baues erst im Jahre 1668, die Vollendung endlich geschah, nach einem Kostenaufwande von zwei Millionen Francs, im September 1671.

Einem ersten Plane zufolge sollte das Local des Observatoriums nicht allein alle Mittel um den Lauf der Gestirne zu verfolgen enthalten, sondern auch die Modelle der verschiedenen nützlicher Anwendungen fähigen Maschinen, und selbst chemische Laboratorien. Auch sollte die Akademie der Wissenschaften darin ihre Sitzungen halten. Indessen ward das Project während der Dauer der Arbeiten abgeändert, und das Gebäude ausschließlich dem Dienste der Astronomie gewidmet. Unglücklicherweise aber war der Baumeister mit den Bedürfnissen der Beobachter sehr wenig bekannt, und ließ sich selten herab, die Astronomen zu befragen, oder wies die Befolgung ihrer Vorschläge zurück Da seiner Meinung nach eine Sternwarte unerläßlicher Weise sehr hoch sein mußte, so errichtete er ein ungeheures Bauwerk, von welchem man einen freien Umblick nach den verschiedenen Himmelsgegenden nur gewinnen konnte, wenn man sich auf die obere Plattform unter freien Himmel stellte; an allen anderen Orten bildete die Masse des Gebäudes das zweckwidrigste Hinderniß.

In dem Glauben, daß die neueren Astronomen eines Gnomon nicht entbehren könnten, brachte Perrault im Centrum seines Bauwerkes einen ungeheuern, sehr hohen und von Süden nach Norden gerichteten Saal an. Wenn die pariser Sternwarte mit diesem primitiven Instrumente begonnen hat, so ist sie wenigstens im Laufe der Jahre in den Besitz der vollkommensten Apparate gekommen, welche die Astronomen und die Physiker allmälich erfunden und die geschicktesten Mechaniker ausgeführt haben.

Die Sternwarte in Greenwich wurde unter Karl II. erbaut, ihre Vollendung fällt in den Monat August 1676, wo Flamsteed die Leitung übernahm, um die Reihe der zahlreichen Beobachtungen zu beginnen, welche die Basis des britischen Katalogs bilden.

Bald erhoben sich weitere Observatorien zu Leyden 1690, zu Nürnberg 1692, zu Bologna 1709, zu Berlin 1710, zu Altorf 1713, zu Lissabon 1722, zu Petersburg 1725 und zu Utrecht 1727.

Im neunzehnten Jahrhundert scheinen alle Regierungen Europa's sich zur Verbesserung der alten Sternwarten oder zur Gründung neuer vereinigt zu haben. In Großbritannien sind außer dem durch Flamsteed, Halley, Bradley, Maskelyne, Pond, Airy berühmt gewordenen königlichen Observatorium zu Greenwich die Sternwarten von Edinburg, Glasgow, Cambridge, Durham, Oxford, Dublin, Armagh, Parsonstown, Markree, Liverpool, Aberdeen, Ashurt, Bedford, Birrcastle, Blenheim, Bushey-Heath, Kensington, Makerstoun, Ormskirk, Portsmouth, Regents-Park, Richmond, South-Kilworth, Starfield und endlich von Slough erbaut worden, von welch' letzterem Orte die unsterblichen Arbeiten William Herschel's ausgegangen sind.

Dänemark besitzt außer dem Observatorium von Kopenhagen eine Musterstернwarte in Altona. Schweden hat schöne astronomische Anstalten zu Stockholm, zu Upsala und Christiania ins Leben gerufen.

Rußland, nicht zufrieden zu Dorpat, Abo, Helsingfors, Kiew, Mitau, Kasan, Moskau, Wilna, Warschau, zu Nicolajew am schwarzen Meere sehr nützliche Sternwarten zu haben, wollte in der Nähe von Petersburg eine wahrhafte astronomische Musteranstalt besitzen, und hat auf der Anhöhe von Pulkowa eine große Centralsternwarte gegründet.

Preußen zählt außer der neuen Sternwarte zu Berlin werthvolle astronomische Institute in Bonn, Bilk (bei Düsseldorf), Breslau und Königsberg.

Bayern kann mit Stolz auf seine in der Nähe von München gegründete Anstalt blicken; Hannover sich auf die Sternwarte in Göttingen, das Großherzogthum Baden auf die in Mannheim berufen; die freien Städte von Hamburg und (früherhin) Bremen besitzen ihre eigenen Sternwarten; desgleichen die Schweiz in Genf, Bern und Zürich; Oesterreich hat außer zu Wien die Observatorien von Kremsmünster, Prag, Senftenberg, Ofen; Belgien in Brüssel; Spanien in Cadix.

In Frankreich bestehen außer der pariser Sternwarte die Anstalten von Marseille und von Toulouse.

In Italien ſind zu nennen die Sternwarten von Avulli, Bologna, Verona, Palermo, Capo di Monte (bei Neapel), Florenz, Mailand, Padua, Turin, Parma und Rom.

Die neue Welt hat gleichfalls ein großes Intereſſe für aſtronomiſche Forſchungen kund gegeben. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika beſitzen prachtvolle Sternwarten in Cincinnati, Waſhington, Toronto und Cambridge. Auf den Antillen beſteht eine Sternwarte auf der Inſel St. Croix; Südamerika hat eine ſolche zu Santiago in Chili.

In den engliſchen Colonieen ſind die ſchönen Obſervatorien von Malta, vom Cap der guten Hoffnung, von St. Helena, von Sydney in Neuholland, von Madras und von Benares zu nennen; endlich iſt die bemerkenswerthe, auf Koſten des Rajah von Trevandrum in der Nähe des Caps Comorin begründete Sternwarte anzuführen, ſo wie in China die kaiſerliche Anſtalt zu Peking.

Alles zuſammengerechnet exiſtiren wenigſtens neunzig Sternwarten in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts.

Das Publikum gibt beſtändig den Wunſch kund die Sternwarten in Augenſchein zu nehmen, allein die Natur der in dieſen Anſtalten auszuführenden Arbeiten ſteht der Befriedigung einer ſolchen Wißbegierde durchaus entgegen. Nur inmitten der größten Ruhe, fern von jeder Zerſtreuung, iſt es möglich den Beobachtungen die ganze Genauigkeit zu verleihen, welche die Fortſchritte der Wiſſenſchaft unerläßlich fordern.

Die geſchickteſten praktiſchen Aſtronomen ſind oft in dem Falle, die Wahrnehmung zu machen, daß bei einem Himmel, deſſen Reinheit für die Erforſchung der phyſiſchen Beſchaffenheit der Himmelskörper beſonders günſtig ſchien, die großen Inſtrumente die erwarteten Dienſte verſagen. Die Umſtände, welche die teleſkopiſchen Bilder verwaſchen, ſchlecht begrenzt oder undulirend machen, ſind bis jetzt weder vollſtändig bekannt, noch überhaupt genau definirt.

Ich will im Folgenden verſchiedene Bemerkungen zuſammenſtellen, welche die Liebhaber der Aſtronomie vielleicht nicht ohne Intereſſe leſen werden: ſie finden ſich größtentheils in den zahlreichen Abhandlungen von William Herſchel zerſtreut.

Keine feine Beobachtung, welche die Anwendung bedeutender Vergrößerungen erfordert, wird gelingen, wenn man dabei durch das Fenster eines Zimmers, oder durch die Dachöffnung einer Sternwarte zu sehen genöthigt ist.

Es ist stets gerathen, die bedeckten oder geschützten Standpunkte zu vermeiden, selbst wenn das Teleskop im Freien aufgestellt ist.

Bei windigem Wetter sind die Bilder im Fernrohre im Allgemeinen nicht sehr scharf: der Wind muß diese üble Wirkung herbeiführen, sobald er atmosphärische Schichten von verschiedener Temperatur unter einander mischt*).

Zuweilen sind auch die Nordlichter den astronomischen Beobachtungen nachtheilig, indem sie alle Gegenstände undulirend zu machen scheinen; indeß sind sie in der Regel ohne merklichen Einfluß.

Wenn es gegründet wäre, wie Herschel mit mehreren Meteorologen annimmt, daß die Nordlichter ein Anzeichen (Ursache oder Wirkung) großer Temperaturveränderungen in den verschiedenen Regionen der Atmosphäre sein sollen, so könnte ihr Einfluß mit dem des Windes in Parallele gestellt werden.

Ein Stern erscheint niemals scharf begrenzt, wenn die von ihm in unser Auge gelangenden Strahlen in geringer Höhe über dem Dache eines Gebäudes vorübergehen, denn jederzeit wird infolge der Mischung verschiedener ungleich erwärmter Schichten die Atmosphäre über dem Dache in unruhiger Bewegung sein.

Sehr trockene Luft ist für teleskopisches Sehen ungünstig; wenn dagegen die Atmosphäre mit Feuchtigkeit gesättigt ist, so erscheinen die Bilder der Sterne mit vorzüglicher Schärfe.

*) Als Herschel diese aphoristische Bemerkung aus der praktischen Astronomie unter dem Einflusse einer besonderen Beobachtung niederschrieb, ließ er sich vielleicht zu einer zu großen Verallgemeinerung verleiten. In der That finde ich in den Philosophical Transactions des Jahres 1815, S. 322, die folgende Stelle: „Der Wind thut der Schärfe der teleskopischen Bilder keinen Eintrag. Bei heftigem Winde kann man sich sehr beträchtlicher Vergrößerungen bedienen, wenn nur dafür gesorgt wird, daß der Fuß des Instrumentes keine Erschütterung erfährt.“ Ich weiß nicht, ob der große Astronom jemals auf den Widerspruch aufmerksam geworden ist, der in seinen Aeußerungen über den Einfluß des Windes auf astronomische Beobachtungen hervortritt.

Dieſe Schärfe findet auch bei dunſtigem Himmel ſtatt, und ganz beſonders bei Nebel: der Nebel läßt den teleſkopiſchen Bildern die ganze Reinheit ihrer Umriſſe, bis zu dem Augenblicke, wo ſie bei zunehmender Lichtſchwächung vollſtändig verſchwinden.

Zuweilen trifft es ſich, daß bei ſcheinbar ſehr günſtiger Witterung die Begrenzung der Sterne im Fernrohr nicht ſcharf erſcheint. Dieß kann, ſagt Herſchel, durch die Gegenwart einer trockenen Luftſchicht bedingt ſein, welche ein Oſtwind in die hohen Regionen führt, oder von der Miſchung verſchieden erwärmter Schichten abhängen, die durch den Conflict oberer, aus verſchiedenen Richtungen wehender Winde erzeugt werden.

Wenn plötzlicher Froſt nach milder Witterung eintritt, oder wenn Thauwind plötzlich auf langes Froſtwetter folgt, ſo geben die Fernröhre ſchlechte Bilder.

Auch darf man nicht gute Reſultate erwarten im Augenblick, wo das Teleſkop aus einem warmen Zimmer in das Freie verſetzt wird.

Allgemein läßt ſich behaupten, daß wenn der Spiegel des Inſtrumentes mit der umgebenden Luft nicht die nämliche Temperatur hat, ein unvollkommenes Bild entſtehen, und ſtarke Vergrößerungen nicht mit Nutzen anwendbar ſein werden.

Dieſe Thatſache hat übrigens ihre augenſcheinliche phyſikaliſche Urſache; denn Jedermann wird begreifen, daß während ſich der Spiegel eines Teleſkops in ſeiner Faſſung erwärmt oder abkühlt, er nicht an allen ſeinen Punkten dieſelbe Temperatur haben kann; die nothwendige Folge aber dieſer ungleichen Wärmevertheilung muß eine Geſtaltveränderung der polirten reflectirenden Oberfläche des Spiegels, und damit eine Unvollkommenheit des in ſeinem Brennpunkte erzeugten Bildes ſein.

Aus analogen Gründen iſt die Vergrößerung der Focaldiſtanz zu erklären, welche Herſchel bei ſeinen mit Metallſpiegeln verſehenen Fernröhren wahrnahm, ſobald er Sonnenbeobachtungen anſtellte*). Der gefeierte Aſtronom hat die Richtigkeit dieſer Erklärung nachgewieſen,

*) Die Sonne verurſacht den entgegengeſetzten Effect einer Verkürzung der Brennweite, wenn der Spiegel des Teleſkops von Glas iſt; vom Grunde dieſer Anomalie vermag man noch keine Rechenſchaft zu geben.

indem er ganz nahe vor oder hinter dem Spiegel eine kleine erhitzte eiserne Kugel anbrachte. Die von letzterer ausgehenden Wärmestrahlen erhöhten die Temperatur des Metallspiegels auf ungleiche Weise, veränderten folglich die Gestalt der reflectirenden Fläche und verlängerten die Brennweite.

Wenn man in Bezug auf die Helligkeit oder Lichtstärke einen theoretischen Vergleich zwischen einem Spiegelteleskop und einem Refractor anstellen will; mit anderen Worten, wenn man wissen will, ob ein Instrument, welches das der Vergrößerung unterworfene Bild auf dem Wege der Reflexion von einem Hohlspiegel erzeugt, mehr oder weniger Licht gibt, als ein anderes Instrument, bei dem dasselbe Bild durch Refraction beim Durchgange der Strahlen durch eine Glaslinse hervorgebracht wird: so darf man nicht vergessen den Verlust mit in Rechnung zu ziehen, welchen die Strahlen bei ihrer Zurückwerfung von den Spiegeln oder bei ihrer Brechung durch die Glaslinsen erleiden. Wollte man blos die effectiven Oeffnungen beider Instrumente berücksichtigen, so würde man zu sehr irrthümlichen Schlüssen gelangen. Herschel hat nach den photometrischen Methoden Bouguer's Versuche angestellt, aus denen die nöthigen Elemente folgen, um auf dem Wege der strengen Rechnung die Refractoren und Reflectoren mit einander zu vergleichen. Seine Resultate sind folgende:

Wenn ein ebener, vollkommen polirter Spiegel von der Metallcomposition, welche Herschel zu seinen Teleskopen anwandte, von 100000 Lichtstrahlen nahezu perpendiculär getroffen wird, so werden davon nur 67300 reflectirt.

Nach einer abermaligen, gleichfalls rechtwinkligen Reflexion von einem zweiten Spiegel würden, wenn die Absorption in dem nämlichen Verhältnisse stattfände, nur 45200 Strahlen von dem ursprünglich einfallenden Bündel der 100000 Strahlen übrig bleiben.

Beim Durchgange durch Gläser ist der Verlust an Licht weit geringer. Herschel hat einen Streifen gewöhnlichen Glases mit vollkommen polirten parallelen Flächen, von etwa gleicher Dicke mit den zu starken Vergrößerungen angewandten Oculären untersucht und gefunden, daß von 100000 Strahlen, die senkrecht auf ein solches Glas auffallen, etwa 94800 hindurchgehen.

An dieſe Beſtimmungen Herſchel's will ich ein hiſtoriſches Citat anſchließen, welches manchem Phyſiker auffallend ſein wird. Im 10. Bande der Mémoires de l'Académie des sciences (S. 505) finde ich einige Bemerkungen von Huygens über das Newton'ſche Spiegelteleſkop*). Darunter befindet ſich folgender Paſſus: „Für einen dritten Vortheil halte ich, daß bei der Reflexion vom metallnen Spiegel keine Strahlen verloren gehen, wie bei den Glaslinſen, welche eine beträchtliche Quantität von jeder ihrer Oberflächen zurückſtrahlen und noch einen Theil vermöge der unvollkommenen Durchſichtigkeit ihrer Materie verſchlucken." Huygens hatte demnach im Jahre 1672 noch keine Kenntniß von der Abſorption, welche das Licht bei dem Vorgange der Reflexion von metallenen Spiegeln erfährt.

— — —

Neuntes Kapitel.

Chronologiſche Ueberſicht der vorzüglichſten aſtronomiſchen Entdeckungen.

Ich habe es für angemeſſen gehalten, zum Schluſſe dieſes Werkes eine chronologiſch angeordnete Ueberſicht der vorzüglichſten in der Aſtronomie gemachten Entdeckungen zuſammenzuſtellen.

Die Anwendung vervollkommneter Inſtrumente wird immer den größten Einfluß auf den Fortſchritt der Wiſſenſchaften üben; deshalb will ich zunächſt eine Tafel der Jahreszahlen der Erfindung oder der Anwendung der bei den Aſtronomen gebräuchlichen Inſtrumente vorausſchicken.

Der Brillen bediente man ſich um das Jahr . . .	1300
Das Thermometer wurde gebraucht um	1600
Das Fernrohr erfunden von Lippershey in Middelburg	1606
Keppler hatte die erſte Idee des aſtronomiſchen Fernrohrs mit zwei converen Linſen	1611
Die Beſchreibung des Vernier veröffentlicht	1631
Morin verbindet das Fernrohr mit getheilten Kreisbogen	1634

*) Siehe Hugenii opera varia, (Tom. IV.) p. 758, aus dem Journal des Sçavans vom 29. Febr. 1672 überſetzt. Anm. d. deutſch. Ausg.

Merſenne beſchreibt ein Reflexionsteleſkop	1639
Erfindung des Barometers (Torricelli)	1643
Anwendung des Pendels für Uhren (Huygens)	1656
Das Kreismikrometer (Huygens)	1659
Beſchreibung des Gregory'ſchen Teleſkops	1663
Das Fadenmikrometer (Auzout)	1666
Ausführung des Newton'ſchen Teleſkops	1672
Meridianfernrohr (Römer)	1700
Compenſationspendel (Graham)	1715
Reflexionsſextant (Hadley)	1731
Heliometer (Bouguer)	1747
Freies Echappement (Le Roy)	1748
Erſte Idee der Repetition der Winkel (Mayer)	1752
Entdeckung der achromatiſchen Fernröhre (Dollond)	1758
Iſochroniſche Spiralfedern (Pierre Le Roy)	1766
Reflexionskreis (Mayer)	1767
Mikrometer von Bergkryſtall (Rochon)	1777
Aſtronomiſcher Repetitionskreis (Borda)	1786
Fernrohr mit Polariſkop*)	1811

Folgendes iſt die Tafel der hauptſächlichſten aſtronomiſchen Entdeckungen:

Entdeckung der Präceſſion der Nachtgleichen (Hipparch)	120 v. Chr.
Entdeckung der Bewegung des Perigäums der Sonne (Albategnius)	900 n. Chr.
Fernel mißt einen Bogen des Meridians	1528 "
Aufſtellung des Weltſyſtems (Copernicus)	1543 "
Sonnenflecken, Rotation der Sonne (Galilei)	1610 "
Die Monde des Jupiter (Galilei)	1610 "
Die Lichtgeſtalten der Venus (Galilei)	1611 "
Keppler's Geſetze	1619 "
Descartes macht das Brechungsgeſetz bekannt	1629 "
Morin beobachtet zuerſt die Sterne und die Planeten am hellen Tage	1635 "

*) Arago.

Huygens entdeckt den vierten Saturnſatelliten . . 1655 n. Chr.
Huygens erklärt die Phänomene des Saturnringes . 1659 „
Rotation des Jupiter (Caſſini) . . . . . 1665 „
Rotation der Venus (Caſſini) . . . . . 1666 „
Rotation des Mars (Caſſini) . . . . . 1666 „
Der fünfte Satellit des Saturn (Caſſini) . . . 1671 „
Richer weiſt durch die Erfahrung nach, daß die Schwere der Körper bei der Annäherung an den Aequator abnimmt . . . . . 1672 „
Caſſini nimmt den dritten Saturnſatelliten wahr . 1672 „
Geſchwindigkeit des Lichtes (Römer) . . . . . 1675 „
Das Geſetz der allgemeinen Attraction (Newton) . 1682 „
Caſſini entdeckt die beiden erſten Saturnſatelliten . 1684 „
Abplattung des Jupiter (Caſſini) . . . . . 1691 „
Aberration des Lichtes (Bradley) . . . . . 1728 „
Die franzöſiſchen Akademiker zeigen die Abplattung der Erde durch Meſſung mehrerer Gradbogen . . 1744 „
Nutation der Erdaxe (Bradley) . . . . . 1747 „
Herſchel erkennt die Bewegung des Uranus . . . 1781 „
Abplattung des Mars (Herſchel) . . . . . 1784 „
Entdeckung zweier Uranusmonde (Herſchel) . . . 1787 „
Rotation und Abplattung des Saturn (Herſchel) . 1789 „
Herſchel entdeckt den ſechſten und ſiebenten Saturntrabanten . . . . . 1789 „
Entdeckung des dritten und vierten Uranusmondes (Herſchel) . . . . . 1790 „
Entdeckung des fünften und ſechſten Uranusmondes (Herſchel) . . . . . 1794 „
Rotation des Merkur (Schröter) . . . . . 1800 „
Entdeckung der Ceres (Piazzi) . . . . . 1801 „
Entdeckung der Pallas (Olbers) . . . . . 1802 „
Entdeckung der Juno (Harding) . . . . . 1803 „
Entdeckung der Veſta (Olbers) . . . . . 1807 „

Entdeckung der gasförmigen Umhüllung der Sonne durch Polarisation*)	1811 n. Chr.
Entdeckung zahlreicher kleiner Planeten oder Asteroiden zwischen Mars und Jupiter, seit	1845 „
Entdeckung des Planeten Neptun (Leverrier u. Galle)	1846 „
Entdeckung eines Trabanten des Neptun (Lassell) .	1847 „
Entdeckung des achten Saturnsatelliten (Bond und Lassell)	1848 „
Entdeckung des siebenten und achten Uranusmondes (Lassell)	1851 „

Wer die vorstehende Tabelle mit unbefangenen Augen ansieht, wird denke ich ohne Anstand einräumen, daß in der Geschichte des Fortschrittes der menschlichen Erkenntniß — welchem Fortschritte ohne Zweifel keine Grenzen gesteckt sind — die Arbeiten der Astronomen in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts, mit den fruchtbarsten Forschungen der Gelehrten auf dem Gebiete der anderen Wissenschaften den Vergleich aushalten. Selbst für diejenigen, welche jede Entdeckung nur nach ihrem directen Nutzen beurtheilen, wird die Astronomie immer die edler Anstrengungen und der unermüdlichen Anwendung der menschlichen Intelligenz am meisten würdige Wissenschaft bleiben.

*) Arago.

Anmerkungen der deutſchen Ausgabe.

Zum dreiundzwanzigſten Buch.

1. S. 11. Worte von Humboldt, Kosmos III. S. 14, wobei die Anmerkung 22 zu vergleichen, ebend. S. 28.

2. S. 13. Plutarch in ſeinem, in den Bemerkungen zu den vorhergehenden Büchern häufig angeführten Werke Ueber das Geſicht im Monde.

3. S. 20. Auf das Vorhandenſein dieſer Unregelmäßigkeit in den Bewegungen des Jupiter und Saturn war bereits Keppler 1625 aufmerkſam geworden; Caſſini in ſeinen Eléments d'Astronomie unterſuchte ſie wohl zuerſt genauer (p. 428, 429). Unter den verſchiedenen Arbeiten über die große Perturbation von Laplace, iſt von wirklichem Intereſſe die Unterſuchung, welche Lambert im berl. Jahrbuche für 1777 mitgetheilt hat. Man vergl. hierüber auch Grant's History of physical Astronomy, London 1852, S. 48.

4. S. 24. Daß die hier im Texte für die Bahn des Lexell'ſchen Kometen vor 1767 angeführten Ergebniſſe irrig und von Schreibfehlern entſtellt ſind, hat zuerſt Leverrier behauptet (Comptes rendus XXVI, p. 465 ff.), indem er zu erheblich andern Reſultaten gelangte, durch eine von der Laplace'ſchen merklich verſchiedene Betrachtungsweiſe. — Das wirkliche Vorhandenſein von Fehlern in den Rechnungen, welche Laplace im 4. Bde. der Méc. cél. nach Burckhardt mittheilt, hat ſpäter d'Arreſt in den noch vorhandenen Originalrapieren Burckhardt's beſtätigt gefunden. Der Komet von 1770 hat hiernach ehemals eine Umlaufszeit von nahezu eilf Jahren gehabt, und ſein kleinſter Abſtand von der Sonne betrug etwa 3, ſo daß freilich im Weſentlichen das Reſultat daſſelbe bleibt. Vergl. außer dem oben Angeführten Aſtronomiſche Nachr. 46. Bd. p. 100.

5. S. 25. Die Einwirkung auf die Verkürzung der Umlaufszeit bei dieſem Kometen iſt merklich geringer, als hier im Texte angegeben; übrigens iſt ſie nicht bei allen Umläufen ſtreng von derſelben Größe.

6. S. 34. Reich in Freiberg hat ſpäterhin dieſe Unterſuchung wieder aufgenommen in den Abhandlungen der Kön. Sächſ. Geſellſchaft d. W. 1852, und iſt

nahe zu dem früheren Resultate gekommen; dagegen hat Airy im Herbste 1854 in einem Kohlenbergwerke durch Pendelbeobachtungen die mittlere Dichtigkeit beträchtlich größer gefunden, nämlich 6,57, merklich größer als Hutton, Maskelyne, Baily und Reich. Vergl. Notices of the R. Astr. Soc. XVI. p. 104.

7. S. 35. In seiner Untersuchung Ueber die Dimensionen des Erdkörpers (berl. Jahrb. für 1852) bestimmt Encke das Volumen des ganzen Erdkörpers zu 2650184445 Cubikmeilen.

8. S. 42. Im Sommer 1672; der Unterschied im täglichen Gange betrug etwa zwei Zeitminuten. Bemerkt zu werden verdient es, daß Picard schon einige Zeit vorher das Vorhandensein eines solchen Unterschiedes gemuthmaßt hatte, vergl. Lalande in der Astronomie § 2668.

9. S. 64. Ueber das Geschichtliche der Arbeiten dieser Commission kann man unter Anderem ausführliche Nachrichten lesen in Bugge's, auch in deutscher Uebersetzung (Kopenhagen, 1801) erschienenen Schrift: Reise til Paris i Aarene 1798 og 1799, Kjöbenhavn 1800.

10. S. 73. Ed. Halley's Untersuchungen sind vom Jahre 1693; Dunthorne's, gleichfalls auf die ältesten Finsternisse gegründete Berechnungen wurden im Jahre 1749 der Königl. londoner Societät vorgelegt. Erst 1786 wurde Laplace's Arbeit bekannt.

11. S. 82. Daß diese Umdrehungszeit, welche Ptolemäus beträchtlich größer, etwa zu 36000 Jahren angesetzt hatte, auch nach den neuesten Bestimmungen der Präcessionsconstante sehr großer Unsicherheit ausgesetzt ist, beruht auf dem im Texte nicht erwähnten Umstande, daß die Präcession für weitumfassende Zeiträume keineswegs der Zeit einfach proportional gesetzt werden darf.

12. S. 87. „Aber von allen großen Männern, die über diese Naturerscheinung nachgedacht haben, wundert es mich von Niemand mehr, als von Keppler, daß ein so begabter und scharfsinniger Forscher dem Vorurtheile anhing, der Mond könne Einfluß auf die Bewegung des Wassers ausüben," — sind ungefähr des Salviati Worte. Systema Cosmicum, Lugduni 1641, p. 343. Er zielt dabei vermuthlich auf Keppler's Vorwort zur Astronomia nova (1609).

13. S. 90. Die allgemeine Theorie im 4. Buche der Méc. céleste, im II. Bande.

14. S. 96. Hierauf bezügliche Untersuchungen findet man in mehreren Jahrgängen der Comptes rendus der pariser Akademie; zu entscheidenden Resultaten über diesen vermutheten Zusammenhang ist man bis jetzt jedoch noch nicht gelangt.

15. S. 99. Im 7. Kap. des 10. Buchs der Méc. céleste.

Zum vierundzwanzigsten Buch.

1. S. 100. Dies ist die Erklärung des Jul. Caes. Scaliger, der auch Riccioli beipflichtet: vergl. Almag. nov. I. p. 480, und des Weiteren Goguet's Dissertation über die Planetennamen, in De l'Origine des Loix, Paris 1758, im

2. Bande. Neuere Unterſuchungen haben indeſſen ſowohl Alter, als auch Bedeutung dieſer uns von Griechenland überlieferten Zeichen ſehr zweifelhaft gemacht, worüber man nachleſen kann in Humboldt's Kosmos, III. Bd., S. 470 u. f.

2. S. 105. Im erſten Bande von Riccioli's Almagestum Novum (Bononiae 1651) p. 486 zugleich mit der Beobachtung eines Fleckens auf der Marsſcheibe. Hind im Solar System (1851) ſchreibt irrig die Entdeckung der Marsphaſen Galilei zu. Fontana's erſte Wahrnehmung fällt übrigens ſchon ins Jahr 1636. Gaſſendi hatte mit einem Galileiſchen Fernrohre vergeblich geſucht, die Phaſengeſtalt wahrzunehmen.

3. S. 105. Auch Rob. Hooke hat, vielleicht noch vor Caſſini, nämlich im Februar und März 1666, Flecken auf dem Mars beobachtet, und zur Beſtimmung der Rotationszeit benutzt; er ſetzte jedoch die Beobachtungen nicht gehörig fort.

4. S. 106. Beer und Mädler in Aſtron. Nachr. Nr. 191 und 382, ſowie in der Abhandlung über Mars in den Beiträgen zur phyſ. Kenntniß der himmliſchen Körper, Weimar 1841. Letzterem Werke ſind die beiden Abbildungen im Texte entnommen.

5. S. 109. Dieſe Beſtimmung der Abplattung des Mars ſteht im entſchiedenen Widerſpruche mit mehrfachen, außerordentlich genauen Meſſungen, von denen hier beſonders das Reſultat erwähnt werden muß, das Oudemans aus einer ſorgfältigen Discuſſion der Beſſel'ſchen Heliometermeſſungen gezogen hat. Hiernach iſt zwiſchen Aequatoreal- und Polardurchmeſſer durchaus keine meßbare Verſchiedenheit vorhanden. Aſtron. Nachr. im 35. Bde. Nr. 838. Vergl. auch Winnecke in Nr. 1135 des 48. Bds. — Daſſelbe hat früherhin Maskelyne gefunden.

6. S. 112. Siehe die in Anm. 4. erwähnte Abhandlung beider Verfaſſer, beſonders S. 124 und 125.

7. S. 112. Der Text nach Kosmos III. Bd. S. 467 und 469.

8. S. 114. Beer und Mädler am angeführten Orte S. 124.

Zum fünfundzwanzigſten Buch.

1. S. 118. Es iſt mit Bezug auf die hier angeführte Stelle aus Kant's Allgemeiner Naturgeſchichte und Theorie des Himmels (Königsb. und Leipz. 1755) bereits im Kosmos Bd. III. S. 549 in der 59. Anm. bemerkt worden, daß ſich Kant an keiner Stelle ſo beſtimmt, wie hier im Texte wiederum geſchieht, über die Planeten zwiſchen Mars und Jupiter äußert. Seite 47 der erſten (ſehr ſeltenen) Ausgabe iſt nur davon die Rede, daß Mars „durch die Anziehung des ihm nahen ſo großen Jupiters an ſeiner Maſſe eingebüßet" habe. Des Nichtvorhandenſeins eines Trabanten geſchieht keine Erwähnung.

2. S. 119. Ueber das Titius'ſche Geſetz ſehe man Humboldt's Kosmos III. Bd. S. 483; doch wird an der Originalſtelle der planetenloſe Raum für „den bisher noch unentdeckten Trabanten des Mars" in Anſpruch genommen; Betrachtung über die Natur, Leipz. 1772, S. 7.

3. S. 120. In Betreff der in den deutschen Text aufgenommenen Elemente der so zahlreichen Gruppe der kleinen Planeten wird hier nur im Allgemeinen bemerkt, daß man sich nicht genau an die Angaben der französischen Ausgabe, sondern meist an die in Encke's Jahrbüchern mitgetheilten Elementensysteme gehalten hat.

4. S. 120. Umständliche Erörterungen über diese beiderseitigen Bestimmungen des Durchmessers der Ceres in J. H. Schröter's Lilienthalische Beobachtungen der neu entdeckten Planeten, Göttingen 1805.

5. S. 122. W. Herschel in den Philosoph. Transact. f. the Year 1802; Schröter am angeführten Orte. Lamont's Messungen im XIV. Bde. der Astron. Nachr. S. 182, wobei bemerkt werden muß, daß Lamont den Pallasdurchmesser, abweichend von der Angabe im Texte, zu 115 geographischen Meilen ansetzt.

6. S. 123. Die Größenbestimmung der Juno beruht nur auf einer annähernden Vergleichung mit benachbarten Fixsternen, wonach der wahre Durchmesser 80 Meilen nicht übersteigen kann; Mädler's Populäre Astronomie 4. Aufl. 1852, S. 217.

7. S. 123. Richtiger blaßroth; of a somewhat ruddy colour sagt J. R. Hind im Solar System p. 84.

8. S. 123. Nach fünftägigen Messungen mit dem dorpater Refractor, im April und Mai 1847, wo Vesta der Erde ungewöhnlich nahe kam, 66 geogr. Meilen im Diameter.

9. S. 124. Hind, in Uebereinstimmung mit mannichfaltigen Beobachtungen Anderer, setzt den Planeten bisweilen, unter den allergünstigsten Verhältnissen der Sichtbarkeit, etwas heller als neunter Größe; Solar System p. 87. In Betreff der Größenangaben bei den nachfolgenden kleinen Planeten darf man nicht übersehen, daß die Größenangaben in unserm Texte nicht überall volle Zuverlässigkeit haben. Bei einigen, besonders den vor Kurzem entdeckten, unter den kleinen Planeten schwankt die scheinbare Größe zwischen merklich weiteren Gränzen. Argelander in Bonn hat kürzlich gelehrt, diese Größen auf eine gemeinschaftliche Norm zurückzuführen und, zu großem Vortheile bei der bisweilen sehr schwierigen Aufsuchung, für jeden im Voraus zu berechnen. (S. Astron. Nachr. Nr. 982, 41. Bd.)

Seit dem Drucke des 10. Bogens sind neue kleine Planeten entdeckt worden:

51. Nemausa, entdeckt am 24. Januar 1858 von Laurent in Nimes.

52. Europa, entdeckt am 4. Februar 1858 von Goldschmidt in Paris.

53. Kalypso, entdeckt am 4. März 1858 von Luther in Bilk.

54. Alexandra, entdeckt am 10. September 1858 von Goldschmidt in Paris.

55. (noch ohne Namen) entdeckt am 10. September 1858 von Georg Searle in Albany.

Zum sechsundzwanzigsten Buch.

1. S. 155. Im Jahre 1794 trat Chladni in seiner Schrift: Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen, mit der Behauptung auf, daß bisweilen Stein- und

Eisenmassen vom Himmel gefallen, und daß diese Erscheinungen mit den Feuerkugeln identisch seien. Ein Verzeichniß der von ihm aufgefundenen Nachrichten über Meteorsteinfälle und Feuerkugeln, so wie über herabgefallene staubartige Massen hat Chladni später gegeben in seiner Schrift: Ueber Feuermeteore und die mit denselben herabgefallenen Massen, Wien 1819, wozu noch gehört: Beiträge zur Geschichte und Kenntniß meteorischer Stein- und Metallmassen und der Erscheinungen, welche deren Niederfallen zu begleiten pflegen, Wien 1820. Von Chladni selbst sind zu obigem Werke Nachträge geliefert: 1) Gilb. Ann. Bd. 68, 329; 2) Ebend. Bd. 71, 359; 3) Ebend. Bd. 75, 229; 4) Poggend. Ann. Bd. 2, 151; 5) Ebend. Bd. 6, 21 und 161; 6) Ebend. Bd. 8, 45. Zu diesen hat A. v. Hoff noch drei und G. v. Boguslawski noch einen Nachtrag hinzugefügt; die drei erstern finden sich in Pogg. Ann. Bd. 18, 174; Bd. 24, 221 und Bd. 34, 339; der letztere im 4. Ergänzungsbande zu Pogg. Ann. S. 1 und S. 353.

2. S. 183. A. v. Humboldt, Kosmos Bd. 3. S. 615. In demselben Bande des Kosmos S. 599 und 600 finden sich auch die von Arago auf S. 259 und 260 angeführten Stellen aus der Schrift von Heis (die periodischen Sternschnuppen und die Resultate der Erscheinungen, abgeleitet aus den während der letzten 10 Jahre zu Aachen angestellten Beobachtungen) und aus einem Briefe von Schmidt.

3. S. 216. Bis hierher geht das Verzeichniß von Meteorsteinen und Feuerkugeln, das Kämtz im 3. Bd. seines Lehrbuchs der Meteorologie veröffentlicht hat, und dem mit Ausnahme der Feuerkugeln in China Arago folgt. Nach welchem Princip Arago die Auswahl der spätern Angaben getroffen hat, läßt sich nicht erkennen. Ein reichhaltigeres Verzeichniß der von 1835 bis 1850 incl. bekannt gewordenen Feuerkugeln und Meteorsteine hat G. v. Boguslawski in dem in Anmkg. 1. erwähnten Nachtrage geliefert. In den Reports of the British Association etc. für 1848 bis 1851 ist von Baden Powell ein Catalogue of observations of luminous meteors, der alle aus den letzten zwanzig Jahren ihm bekannt gewordenen Beobachtungen über Sternschnuppen und Feuerkugeln enthält, veröffentlicht worden.

Zum siebenundzwanzigsten Buch.

1. S. 263. Ueber das Zeichen des Planeten Jupiter und die sprachlichen Bemerkungen in Betreff der Namen siehe die oben beim Mars genannten Quellen.

2. S. 268. Derartige Wahrnehmungen und Untersuchungen, sowohl von J. D. Cassini, als von Maraldi finden sich in verschiedenen Abhandlungen in den älteren Bänden der pariser Memoiren; vergl. Lalande in der Astronomie, 3. Ausg., Vol. III. p. 336. — Auch hat Cassini schon während seines Aufenthalts in Italien, 1665 und 1667, eigene Abhandlungen über das Detail seiner Wahrnehmungen publicirt.

3. S. 268. Daß man die Einwendung, welche Arago hier macht, früherhin keineswegs übersehen hat, zeigen unter Anderem Schröter's Aeußerungen im 1. Bde. der Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen, Berl.

1788 S. 144. Man hatte wohl bemerkt, daß etwas den Passatwinden Analoges keine Beschleunigung in der scheinbaren Umdrehung hervorbringen konnte, und dachte vielmehr an eine mögliche Analogie mit den auf der Erdkugel abwechselnd wehenden Mouſſons. „Vom beſtändigen Oſtwinde zurückgehaltene atmoſphäriſche Maſſen", ſind Schröter's Worte.

4. S. 268. Will. Herſchel beſonders nach den Beobachtungen in den Jahren 1778 und 1779 in den Philos. Transact. vom Jahre 1781.

5. S. 269. Aus den Beobachtungen eines Fleckens findet Schröter 17 par. Fuß in der Zeitſecunde; ein anderer ergab dagegen 348 Fuß. Beiträge 1. Bd., S. 124, 126.

6. S. 269. Airy aus Beobachtungen in den Jahren 1834 und 1835 im 9. Bde. der Memoiren der Royal Astr. Soc., Beer und Mädler in Beiträge S. 99. — Hooke's Beobachtung der Jupiterrotation, in der erſten Nummer der Phil. Trans. vom Mai 1664, alſo vor Caſſini's Wahrnehmungen, iſt im Texte übergangen.

7. S. 270. Globus satis rotundus, doch erwähnt Hevel der Flecken auf der Jupiterſcheibe, „die nahe denen auf dem Monde gleichen"; Selenographia, Danzig 1647, p. 44.

8. S. 270. Die zürcher Ausgabe der Théologie Astron. ſcheint einen ſolchen Zweifel an der zu Derham's Zeit, beſonders durch Pound's Meſſungen doch wohl begründeten Abplattung nicht zu enthalten. Sie iſt vom J. 1760.

9. S. 270. Heliometermeſſung von Short; Lalande's Aſtronomie § 3345.

10. S. 270. Daſſelbe fand Schröter auch im Auguſt 1796; vergl. den zweiten Band der Beiträge, Göttingen 1798, S. 245.

11. S. 271. Meſſungen mit dem kleinen Heliometer der berliner Sternwarte. Die Abplattung ſchwankt danach zwiſchen $^1/_{19}$ und $^1/_{22}$.

12. S. 272. Almagestum Novum Vol. I. p. 486. — Obgleich noch Gaſſendi (geſt. 1656) poſitiv angibt die Streifen nicht erkannt zu haben, iſt doch neuerdings durch Moll nachgewieſen worden, daß dieſe Entdeckung bereits von Torricelli gemacht wurde. Siehe Instit. Astron. im 3. Buche und Grant's History p. 244.

13. S. 273. In den Beiträgen S. 101. Dieſes Umſtandes ſcheint anderswo nicht Erwähnung zu geſchehen, auch nicht in Mädler's Popul. Aſtronomie; erſt in neueſter Zeit hat Chacornac auf der pariſer Sternwarte dieſe Beſtimmung wiederholt.

14. S. 274. Genauer: in Breite und Lage; Outlines 4. Ausg. 1851, p. 313. Die Wahrnehmung iſt übrigens von ſo vielen Beobachtern gemacht worden, daß zu dem im Texte angedeuteten Zweifel wohl kein Grund vorhanden iſt.

15. S. 284. Eine merkwürdige, kürzlich angeſtellte, hierher gehörige Beobachtung wird erwähnt in Heis' Wochenſchrift für Aſtronomie u. ſ. w. Jahrgang 1858, Nr. 13. Am 23. Jan. 1858 beobachtete v. Marenholtz in Hildesheim an demſelben Abende Eintritt und Austritt des zweiten Jupitermondes, eine Beobachtung, zu welcher keine zweite vorhanden ſein möchte.

16. S. 287. Ohne in eine Discuſſion der abweichenden Anſichten über eine

so vielfach behandelte Angelegenheit hier einzugehen, mag es genügen zu verweisen auf Kosmos II. Bd. S. 357—359 und III. Bd. S. 522, 551.

17. S. 287. Zach über Thomas Harriot's Beobachtungen der Jupitermonde in Bode's Jahrbuch für 1788, S. 154, 155 und mehrfach an andern Orten.

18. S. 288. Ist nicht in Uebereinstimmung mit Airy's Abhandlungen, die im 6., 8. und 10 Bde. der Mem. of the Roy. Astron. Soc. enthalten sind. Das Endresultat (X. pag. 47) ist vielmehr $^1/_{1048,77}$. Eine ganz ähnliche Untersuchung, aber im Resultate ziemlich abweichend, hat Santini im XXI. Bde. der Schriften der Gesellschaft der Wissenschaften zu Modena bekannt gemacht. — Bessel's Massenbestimmung im 2. Bde. seiner Astronom. Untersuchungen, Königsberg 1842.

19. S. 289. Die hier mitgetheilten Zahlen sind die, welche W. v. Struve in Nr. 97 der Astron. Nachr. gegeben hat; sie stimmen vortrefflich überein mit dem, was früherhin Schröter und Harding aus der beobachteten Dauer der Ein- und Austritte an der Jupiterscheibe fanden.

20. S. 290. Laplace im 8. Buche der Mécanique céleste.

21. S. 294. Peter Wargentin's Tafeln erschienen zuerst 1746, wurden später aber (in mehreren Ausgaben) durch Einführung mehrerer empirisch bestimmter Ungleichungen bedeutend verbessert. Der schwedische Astronom wendete den größten Theil seines Lebens auf die Theorie dieser Trabanten.

22. S. 294. In der 3. Ausgabe von Lalande's Astronomie (1792) im 4., die Tafeln enthaltenden Bande.

23. S. 297. Sir John Herschel's Outlines § 543. — Im Jahre 1826 wurde der Planet zwei ganze Stunden hindurch ohne Satelliten gesehen. Vergl. auch Kosmos III. Bd. S. 523.

24. S. 299. Mitgetheilt im dritten Bande von Humboldt's Kosmos S. 112; doch scheint die Thatsache nicht ganz vereinzelt zu stehen.

25. S. 302. Outlines (Ausg. von 1851) pag. 331.

26. S. 305. Galle in Anm. 16, Kosmos III. Bd. S. 111.

Zum achtundzwanzigsten Buch.

1. S. 324. Nicht J. D. Cassini allein, sondern mit ihm besonders der ältere Maraldi und Fontenelle waren der successiven Fortpflanzung, und folglich der Anbringung der Lichtgleichung entgegen. Der Grund dazu lag aber weniger in den minder genauen Beobachtungen, als vielmehr darin, daß man die Constante bei den verschiedenen Satelliten verschieden fand, indem die Lichtgleichung vermischt mit den übrigen Ungleichheiten der Bewegungen, sich damals, wo man die Bahnen noch als kreisförmig ansah, und die beträchtlichen, aus andern Ursachen herrührenden Veränderungen in den Bewegungen noch vollkommen unbekannt waren, nicht bei allen Trabanten von gleicher Größe zeigen konnte. Fontenelle sagte in dieser Beziehung: wenn Jupiter nur einen Mond hätte, hätte man auf diese Weise leicht in einen

„großen Irrthum“ verfallen können. Vergl. darüber auch Grant's History p. 80, 81.

2. S. 331. Auch aus Flamſteed's Beobachtungen des Polarſterns hat Prof. Peters in Altona die Aberrationsconſtante hergeleitet, bis auf wenige Zehntheile der Bogenſecunde mit dem wahren Werthe derſelben übereinſtimmend.

3. S. 332. Bradley zuerſt in den Philos. Transact. f. the Year 1729, doch nur auf Declinationsbeobachtungen geſtützt. Es ſcheint, daß Euſtachius Manfredi der Erſte war, der in ſeiner Abhandlung De novissimis circa fixorum siderum errores observationibus, im 1. Bde. der Commentar. Bonon. 1731 das Vorhandenſein des Aberrationsphänomens auch aus beobachteten Geradenaufſteigungen nachwies. Ueber das Geſchichtliche der Entdeckung der Aberration vergleiche auch Grant's History of physical Astronomy, p. 336 u. flg. nebſt p. 624.

4. S. 334. W. v. Struve ſchon hat die volle Uebereinſtimmung der aus verſchiedenen Sternen hergeleiteten Lichtgeſchwindigkeiten aufs Ueberzeugendſte nachgewieſen, beſonders aus nördlichen Sternen in Schumacher's Aſtr. Nachr. Nr. 484.

5. S. 337. Eine ausführlichere Nachricht von dieſen frühen Verſuchen, die Lichtgeſchwindigkeit aus Meſſungen auf der Erdoberfläche herzuleiten, in Arago's Biographie des Galilei, der deutſchen Ausgabe Bd. III, S. 230 u. ff.

6. S. 346. Die Gleichung wegen der allmälichen Fortpflanzung des Lichtes hat zuerſt der Vicarius Wurm bei ſeinen fleißigen und anhaltenden Unterſuchungen über Algol mit in Betracht gezogen.

Zum neunundzwanzigſten Buch.

1. S. 347. Ueber dieſe Benennung des Saturn (*φαίνων*) ſiehe die Mittheilungen im III. Bde. des Kosmos S. 467—469.

2. S. 350. Beſſel's Beſtimmung der Maſſe aus genauen Elongationsmeſſungen des ſechſten Mondes, in Aſtr. Nachr. Nr. 214; ſpäter hat Beſſel auf demſelben Wege $^1/_{3501,6}$ gefunden; ebendaſ. Nr. 242., XI. Bd. S. 24.

3. S. 353. Herſchel in der Abhandlung von 1790, im 80. Bde. der Philos. Trans. II. Th. p. 480. - Das im Text erwähnte, mit der Rotation ſchwer in Einklang zu bringende Phänomen ſind die fixen Punkte auf dem Ringe, wovon Schröter ausführlich handelt in ſeinen Kronographiſchen Fragmenten, Götting. 1808, und aus denen er, unter der Annahme, es ſeien dieſe Punkte Gebirgserhöhungen des Ringes, folgern zu müſſen glaubte, der Ring nehme überall keinen Theil an der Axendrehung. Harding, der Theilnehmer an den erwähnten Beobachtungen, hat ſich jedoch im Jahre 1833 der von Olbers gegebenen Erklärung dieſer Erſcheinung aus photometriſchen Gründen angeſchloſſen: Kleine aſtron. Ephemeriden, V. Jahrgang S. 139. Vergleiche übrigens das 9. Kapitel unſeres Textes „Ueber die Rotation des Saturnringes“ S. 375 ff.

4. S. 353. Entdeckt von Schwabe im Jahre 1827, und beſtätigt durch Struve's, ſowie ſpäterhin durch andere Meſſungen; vergl. unter Anderm Aſtr.

Nachr. Nr. 139 im 6. Bde. Uebrigens ist die excentrische Lage der Kugel innerhalb des Ringes mehrfachen Veränderungen unterworfen, in welchen neuerdings Secchi eine Periodicität erkannt zu haben glaubt.

S. 354. Von den in Meilen ausgedrückten Angaben der Dimensionen des Saturn und seiner Ringe, so wie der Abstände seiner Trabanten, in diesen und den folgenden Kapiteln, gilt die Bemerkung Arago's auf S. 401, wonach die Genauigkeit solcher Angaben eine illusorische ist, weil die Unsicherheit derselben viele Meilen betragen kann. Der Uebersetzer hat deßhalb geglaubt, statt einer genauen Reduction der in französischen Lieues ausgedrückten Werthe, an den meisten Orten die von Hansen in Schumacher's astronomischem Jahrbuche für 1837 aufgeführten Zahlen entlehnen zu dürfen.

5. S. 357. Systema Saturnium, Haag 1659; doch war die Entdeckung bereits angezeigt in einer eigenen Schrift vom Jahre 1656. — Wie nahe bereits vorher Roberval der wahren Erklärungsweise gekommen, darüber vergl. man Delambre im II. Bde. der Hist. de l'Astron. Mod. Er kannte schon die Kreisgestalt des Gegenstandes, der in Projection sich als Ellipse zeigte.

6. S. 357. Um einem Mißverständnisse vorzubeugen, zu welchem die Worte des Textes veranlassen könnten, muß bemerkt werden, daß Riccioli's Werk acht Jahre vor Huygens' Bericht über die wahre Natur des Saturnringes erschien.

7. S. 359. Bieth hat in den Astron. Nachr. Nr. 260 zuerst auf die betreffende Stelle in den Actis Erud. von 1684 hingewiesen, welche diese merkwürdige Wahrnehmung des avignoner Probstes Gallet enthält. Vergl. über dieselbe Olbers in Harding und Wiese's Ephemeriden für 1835 S. 97.

8. S. 360. Opticks im zweiten Bande der Originalausgabe, ist die Stelle, auf welche man sich bei Anführung dieser so äußerst wichtigen Wahrnehmung stets bezieht, ohne daß es trotz mehrfacher Bemühung bisher gelungen wäre, die eigentliche Quelle, aus der Smith geschöpft hat, aufzufinden. Es ist bisher leider ebensowenig geglückt, eine derartige Beobachtung zu wiederholen.

9. S. 361. Maraldi besonders in den pariser Memoiren von 1715, und W. Herschel in den Phil. Trans. für 1792. — Hind und O. Struve haben gefunden, daß die Theilung schon vor Cassini von William Ball (1665) und einem andern englischen Astronomen (vermuthlich Wallis) gesehen worden war. J. D. Cassini's erste Mittheilung ist dagegen vom Jahre 1677.

S. 361/2. Die im Texte erwähnte Beobachtung der Herschel'schen Theilung durch „William Ball of Mainhead near Exeter" ist in den Philosophical Transactions für 1665/66, S. 153, enthalten; vergleiche auch Grant's History, S. 526.

10. S. 362. Diese Beobachtung Short's, mit einem 12füßigen Teleskope, theilt Lalande mit in der Astronomie § 3351.

11. S. 363. Kater im 4. Bde. der Memoiren der Astr. Soc. zu London; Encke über die Theilung des äußeren Ringes im 15. Bde. der Astr. Nachrichten.

12. S. 365. Da im Texte auf S. 354 ff. des so merkwürdigen, von Bond

in Cambridge und Dawes bei Maidſtone gegen Ende 1850 faſt gleichzeitig entdeckten, von Galle bereits 1838 geſehenen, dunkleren, aber durchſcheinenden Ringes erwähnt wird, der ſich zwiſchen dem inneren hellen Ringe und der Planetenkugel befindet, ſo mag hier beigefügt werden, daß ſich die neueſten Wahrnehmungen der Aſtronomen hauptſächlich auf deſſen Eigenthümlichkeiten bezogen haben. — Otto v. Struve hat in ſeiner inhaltreichen Abhandlung Sur les dimensions de l'anneau de Saturne (1852) an zwei, übrigens ſchon von Rob. Smith hervorgehobene Stellen in den Bänden XXX. und XXXII. der Phil. Trans. erinnert, woraus unzweifelhaft hervorgeht, daß bereits Pound und Hadley dieſen dunklen Ring, an der Stelle, wo er vor der Planetenkugel hinſtreicht, wahrgenommen haben. Andere Aſtronomen früherer Zeit hatten ihn zwar auch geſehen, aber ihn irrthümlich für Schatten des Ringes auf der Kugel gehalten. Pound und Hadley täuſchten ſich in dieſer Beziehung nicht.

13. S. 369. Phil. Trans. f. the Year 1805. In dieſer ſonderbaren Geſtalt nach den Herſchel'ſchen Beobachtungen findet man Saturn abgebildet in Bode's Jahrbuch für 1809. Beſſel's und neuerdings Main's Meſſungen haben indeſſen auf keinerlei Abweichung von der regelmäßig elliptiſchen Geſtalt geführt.

14. S. 370. Ueber die Figur des Saturn mit Rückſicht auf die Attraction ſeiner Ringe ſiehe die Abhandlung von Beſſel im 15. Bde. von Zach's Monatl. Correſpondenz S. 239 u. ff.

15. S. 372. Dies ſo äußerſt auffällige Verhältniß, das in beiden Fällen bis etwa $^1/_{800}$ der längeren Periode zutrifft, iſt früherhin unbeachtet geweſen. — Vergl. Outlines of Astronomy 5. Ausg. S. 337. Die erſte Mittheilung in einem Briefe an Schumacher. — Wenn Schweigger vermuthete (Aſtr. Nachr. Nr. 832), der Ring habe zur Rotationszeit die Hälfte von der Umlaufszeit des erſten Trabanten, ſo ging er dabei von einer ſehr abweichenden Annahme für die Rotation des Ringes aus.

S. 378/9. Die angezogenen Unterſuchungen von Laplace über den Saturnring finden ſich in der Mécanique céleste, Tome II., im 6. Kap. des dritten Buchs, ſo wie in der Exposition du système du monde, Buch 4, Kap. 9. In neuerer Zeit ſind dergleichen Unterſuchungen über die Stabilität des Ringes und über die flüſſige Beſchaffenheit ſeiner Materie von dem nordamerikaniſchen Aſtronomen Peirce geführt worden, deſſen Reſultate in Gould's Astronomical Journal Bd. II. (1851) enthalten ſind. Vergleiche auch Kosmos III. S. 527 und 553.

Zum dreißigſten Buch.

1. S. 385. Vergl. S. 392 und 393. — Bode's Jahrbuch f. 1785, S. 191.

2. S. 386. Nach neueren Beobachtungen von Satellitenelongationen beſonders in den letzten Bänden der Mittheilungen der Astr. Soc. (Laſſell und Otto v. Struve) iſt die Maſſe größer, als Lamont ſie beſtimmte; nach Adams etwa $^1/_{21000}$, nach

Hind etwa $^1/_{20000}$ (Monthly Notices, 1854 Nr. 2.). Siehe auch im Text S. 405.

3. S. 392. Im Nautical Almanac für 1851 ist zum ersten Male The Georgium durch Uranus ersetzt worden — nach glaubwürdiger Angabe „mit voller Zustimmung Seitens Sir John Herschel's."

4. S. 397. Mädler's Astronomie 4. Aufl. S. 469; Astr. Nachr. Bd. XXI. S. 207 nach Messungen vom Sept. 1843, mit einem Unterschiede in beiden Axen von nur 0″,4. Andere Astronomen, besonders englische, haben indessen mit vorzüglicheren Instrumenten keine Ellipticität der kleinen Scheibe wahrzunehmen vermocht; auch O. v. Struve hat nach vulkowaer Beobachtungen sich gegen das Vorhandensein einer merkbaren Abplattung ausgesprochen. Es ist indessen mit Recht darauf aufmerksam gemacht worden, daß bei der eigenthümlichen Lage der Bahnen der Uranustrabanten, es sich, falls Aequator und Bahnebenen zusammenfallen, ereignen muß, daß die Gelegenheit, die möglicherweise vorhandene Abplattung zu beobachten, eine sehr seltene ist. Vergl. Rob. Grant's History of Phys. Astronomy p. 278.

S. 406/7. Ueber die Beobachtungen der Uranussatelliten vergleiche unter Anderem den 3. Band des Kosmos, S. 531/2. Es scheint daraus hervorzugehen, daß in unserem Texte eine kleine Verwechselung stattgefunden hat, wenn von zwei nicht wiedergesehenen Trabanten die Rede ist, und dennoch die Auffindung des fünften durch Lassell erwähnt wird. Von den durch Will. Herschel entdeckten Monden (nach dem Abstande geordnet No. 3, 4, 5, 6, 7, 8), sagt Humboldt, „sind bisher wiedergesehen worden der 3., 4., 6. und 8., vielleicht darf man auch den 5. hinzusetzen, nach der Beobachtung Lassell's vom 6. Nov. 1848. Der 4. und 6. Satellit sind am frühesten, sichersten und häufigsten wiedergesehen worden von Sir John Herschel in den Jahren 1828 bis 1834 in Europa und am Vorgebirge der guten Hoffnung, später von Lamont in München und von Lassell in Liverpool. Der 3. Satellit des Uranus wurde von Lassell (14. Sept. bis 9. Nov. 1847) und von Otto Struve (8. Oct. bis 10. Dec. 1847), der äußerste (8.) von Lamont (1. Oct. 1837) aufgefunden. Noch gar nicht wiedergesehen scheint der 7., nicht befriedigend genug der 5. Satellit."

Rücksichtlich der folgenden Tabelle der Abstände und Umlaufszeiten vergleiche die zu der analogen Tabelle S. 401 gemachte Bemerkung Arago's.

Zum einunddreißigsten Buch.

1. S. 410. Die im Texte genannten Astronomen, auch der Amerikaner Peirce, haben sich großentheils wiederholt mit dieser Untersuchung beschäftigt. Es ist daraus ausgemacht, daß die Zahl $^1/_{17500}$ keinem großen Fehler unterworfen sein kann. Hind's Solar System 1851, p. 136; Monthly Notic. XV., p. 48.

2. S. 411. Nach mündlicher Mittheilung von Bouvard an Hussey, Astr. Nachr. XXV. Bd. S. 136; doch hat Hansen selbst diese ihm zugeschriebene Aeußerung

als jedenfalls unrichtig bezeichnet. Ueber diese und andere Vermuthungen über die Frage, worin man später die Erklärung von den Abweichungen des Uranus finden würde, ist insbesondere v. Lindenau's Abhandlung zur Geschichte der Neptunsentdeckung zu vergleichen, in Schumacher's Ergänzungsheft zu den Astr. Nachr. 1849.

3. S. 412. Kosmos III. Bd. S. 555.

S. 416/7. Die Worte Arago's, daß ohne den durch die Karte von Bremiker unterstützten Erfolg Galle's „die Bestätigung der Entdeckung Leverrier's um eine oder zwei Wochen verzögert worden sein würde", könnte man auf die zum Zwecke der Auffindung des unbekannten Planeten nach den Rechnungen des Engländers Adams durch Professor Challis in Cambridge angestellten Beobachtungen beziehen, wenn in unserem Texte nicht kurz darauf gesagt wäre, daß „die englischen Astronomen doch nicht hinreichendes Zutrauen in Adams' Rechnungen setzten, um sie zum Ausgangspunkte für anhaltende Nachforschungen am gestirnten Himmel zu machen." Arago scheint hierbei den Umstand unbeachtet gelassen zu haben, daß Challis bei seiner Durchforschung der von Adams ihm angezeigten Stelle des Himmels (seit 29. Juli 1846), die Position des neuen Planeten, wie sich später ergab, bereits am 4. und am 12. August notirt hatte, so daß ihm die eigene Bewegung desselben schwerlich entgangen wäre, wenn er, wie sein Plan war, Zeit gefunden hätte, seine Beobachtungen zum Entwurfe einer genauen Karte zusammenzustellen.

Eine ausführliche Darstellung der Geschichte der Neptunsentdeckung, vom englischen Standpunkte aus, findet man in Airy's "Account of some Circumstances historically connected with the discovery of the planet exterior to Uranus" (abgedruckt in No. 585/6 der astronomischen Nachrichten), so wie in der mehrfach erwähnten History of physical Astronomy, by Rob. Grant, London 1852. Endlich möge unter den zahlreichen Schriften über diese Entdeckung, außer der bereits angeführten Darstellung unseres Lindenau, der Bericht des nordamerikanischen Astronomen Gould „Report to the Smithsonian institution on the History of the Discovery of Neptune" Erwähnung finden. — Die Rechnungen von Adams sind im englischen Nautical Almanac für das Jahr 1851 unter dem Titel „Explanation of the observed irregularities in the motion of Uranus on the hypothesis of disturbances caused by a more distant planet; with a determination of the mass, orbit and position of the disturbing body," publicirt und am 27. März 1847 als Beilage der Nr. 593 der astronomischen Nachrichten beigegeben worden. —

4. S. 419. Indessen hat doch Leverrier in der ersten Näherung bei Auflösung des Problems sich des „merkwürdigen Gesetzes bedient, welches sich in den mittleren Abständen von der Sonne zeigt," und danach durch Bedingungsgleichungen das vorausgesetzte Verhältniß zwischen den Halbaxen der Neptun- und Uranusbahn daher zu bestimmen gesucht, — freilich nachdem eine vorhergehende Untersuchung gewiesen hatte, daß sich der gesuchte Planet weder innerhalb der Uranusbahn, noch, ohne Voraussetzung einer höchst beträchtlichen Masse, sehr weit jenseit des Uranus befinden konnte. Vergl. seine Abhandlung Recherches sur les mouvements de la Planète Herschel in der Connaiss. des Temps für 1849. Bekanntlich ist die Ab-

weichung der Axe der wahren Neptunsbahn vom Titius'schen Gesetze außerordentlich groß.

5. S. 420. Encke in seiner Gedächtnißrede auf Bessel, in den Abhandl. der berliner Akademie.

6. S. 421. Von diesen beiden Beobachtungen (es ist der 8. Stern auf S. 158 der Histoire céleste) hat Lalande nur die zweite vom 10. Mai gedruckt, dagegen die erste, welche Mauvais in den Originalbeobachtungen auffand, unterdrückt, vermuthlich weil er den Mangel an Uebereinstimmung in beiden Positionen bemerkt hat. Man kann zugleich annehmen, daß es auch diese, durch die Bewegung des Planeten erzeugte Verschiedenheit war, die Lalande veranlaßte, die zweite Beobachtung als nicht sicher zu bezeichnen. — Die glückliche Auffindung der Beobachtung verdankt man übrigens dem altonaer Astronomen Petersen.

Zum zweiunddreißigsten Buch.

1. S. 426. Die Ansicht, daß die Wärmephänomene einem imponderablen Fluidum, einem sogenannten Wärmestoff zuzuschreiben seien, dürfte in den letzten Jahren sich eines immer geringer werdenden Beifalls zu erfreuen gehabt haben; dieselben werden vielmehr mit größerem Rechte als Bewegungserscheinungen betrachtet.

2. S. 441. In bestimmterer Weise sind die Definitionen der specifischen Wärme und Wärmecapacität so zu fassen: Specifische Wärme ist diejenige Wärmemenge, welche die Masseneinheit (z. B. 1 Kilogr.) eines Körpers gebraucht, um ihre Temperatur um 1° zu erhöhen. Sie ist also eine benannte Zahl, und gibt an, wie viel Wärmeeinheiten zu der bezeichneten Temperaturerhöhung nöthig sind; als Wärmeeinheit dient dabei diejenige Wärmemenge, welche die Masseneinheit des Wassers gebraucht, um ihre Temperatur von 0° bis 1° zu erhöhen. Wärmecapacität auf Wasser als Einheit bezogen ist dann diejenige Verhältnißzahl, welche angibt, wie viel Mal die specifische Wärme eines Körpers größer ist, als die des Wassers. Bei der hier gewählten Wärmeeinheit sind die Zahlen für die specifische Wärme und die Capacität zwar gleich groß, unterscheiden sich aber dadurch, daß die erste durch eine benannte, und die zweite durch eine unbenannte Zahl ausgedrückt wird.

3. S. 443. Nach Watt sollte die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit Wasser von 0° aufnehmen muß, um bei irgend einem Temperaturgrade in Dampf überzugehen, dieselbe bleiben; dann würde also die latente Wärme des Wasserdampfes mit der Temperatur veränderlich sein, dergestalt daß stets die Summe der latenten und der freien (d. h. durchs Thermometer angezeigten) Wärme eine constante Größe wäre. Southern dagegen nahm an, daß die latente Wärme des Wasserdampfes bei allen Temperaturen constant bliebe; danach würde also die gesammte von einer Gewichtseinheit Wasser von 0° aufgenommene Wärmemenge, um Dampf von einer gegebenen Temperatur zu bilden, sich ändern; man würde sie durch Addition der constanten latenten und der durch die Temperatur gegebenen freien Wärme erhalten. — Nach Regnault's neueren Versuchen (Mém. de l'Acad. des Sciences, 1847,

Bd. XXI. S. 635—728) wird keine dieser beiden Annahmen durch die Erfahrung bestätigt; es ist weder die latente Wärme allein (nach Southern), noch die Summe der latenten und freien Wärme (nach Watt) eine constante Größe; doch schließt sich letztere Ansicht den Versuchen näher an, als die erstere. Nach Regnault bedarf die Gewichtseinheit Wasser von 0°, um Dampf von 0° zu bilden, die Wärmemenge 606,5; während Wasser von 0°, um Dampf von 100° zu bilden, die Wärmemenge 637,0 erfordert; während also die latente Wärme des Wasserdampfes bei 0° 606,5 beträgt, ist sie bei 100° nur 537,0.

Arago scheint sich im Texte noch der Watt'schen Ansicht anzuschließen; dann sind aber die Zahlen 525, 515, 505 jedenfalls falsch; sie müssen heißen: 625, 615, 605. Es ist auffallend, daß er die Regnault'schen Resultate unbeachtet läßt.

4. S. 467. Genaueres über diese klimatischen Verhältnisse Nordamerikas findet sich in: Dove, klimatologische Beiträge; 1857. I. S. 1 ff.

5. S. 471. Die Erklärung der Passatwinde durch die erwärmende Wirkung der Sonne und die ungleiche Rotationsgeschwindigkeit der verschiedenen Parallelkreise der Erde ist zuerst von Hadley (The cause of the general Trade-Wind, Philosoph. Transact. 1735, S. 58) gegeben worden. S. Dove, meteorologische Untersuchungen, S. 245.

6. S. 475. Ueber die Entstehung dieser Stürme s. Dove, klimatologische Beiträge, I. S. 184 ff., über das Gesetz der Stürme.

7. S. 488. Die erste Isothermenkarte von A. v. Humboldt erschien in dem 3. Bde. der Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil, 1817. Di dazugehörige Abhandlung findet sich auch in dem 1. Bde. von A. v. Humboldt's kleinern Schriften S. 206 bis 314.

8. S. 490. Die neueste Darstellung der Verbreitung der Wärme auf der Erde nicht blos durch Jahresisothermen, sondern auch durch Monatsisothermen verdanken wir Dove. Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde erläutert durch Isothermen, thermische Isanomalen und Temperaturcurven, von H. W. Dove. Zweite sehr vermehrte Auflage der Monatsisothermen. Berlin 1852. — Die Verbreitung der Wärme in der nördlichen Hemisphäre innerhalb des 40. Breitengrades von H. W. Dove.

9. S. 513. Die Wärme der Mondstrahlen ist mit Sicherheit zuerst von Melloni mittelst einer Zonenlinse von 1 Meter Durchmesser nachgewiesen worden, indem er das in ungefähr 1 Meter Abstand hinter derselben entstehende Bild des Mondes von 1 Centimeter Durchmesser auf eine Thermosäule fallen ließ; er erhielt je nach der Zeit der Beobachtung Ausschläge von 0,6° bis 4,8° an dem mit der Thermosäule verbundenen Multiplicator. Melloni theilte seine Versuche der pariser Akademie in einem Briefe an Arago mit. Compt. rend. XXII, 541.

10. S. 516. Ueber den Lauf der Isothermen in der Nähe des Poles vergl. man die von Dove in seinen klimatologischen Beiträgen gegebene Karte, und den Abschnitt desselben Werkes: Einige Bemerkungen über die Temperatur der Polargegenden S. 48 ff. Die genannte Karte findet sich auch in: Die Verbreitung der Wärme

in der nördlichen Hemisphäre innerhalb des 40. Breitengrades vom Dove; nebst zwei Karten. Danach umschließt die Jahresisotherme von — 12° R. (— 15° C.) noch einen zusammenhängenden Raum. In der Erläuterung zu den letzten beiden Karten fügt Dove hinzu: „Die kälteste Region der Erde (am Nordpol) besteht also nicht aus zwei von einander geschiedenen Gebieten, sondern sie liegt in Bezug auf den Drehungspol der Erde in der Weise unsymmetrisch, daß sie von Europa aus hinübergedrängt erscheint nach der Stelle des Eismeeres, welches die nördlichen Ufer der östlichen Seite von Asien und der westlichen von Nordamerika bespült. Wenn wir von einer zusammenhängenden kältesten Stelle der mittleren Jahreswärme im Gegensatz der Annahme getrennter Kältepole sprechen, so soll damit nicht gesagt sein, daß nicht innerhalb derselben mehrere relative Maxima dieser Kälte auftreten können."

Zum dreiunddreißigsten Buch.

S. 520. Die in diesem Buche von Arago mitgetheilten chronologischen Angaben sind größtentheils älteren Autoren entnommen, und obgleich viele einschlagende Fragen auch jetzt noch nicht ihre definitive Erledigung gefunden haben, so läßt sich doch nicht leugnen, daß die Ansichten der Chronologen besonders seit den Arbeiten von Ludwig Ideler (siehe namentlich dessen Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie, 2 Bde. Berlin 1825—26), — der neueren Untersuchungen von Biot, Böckh, Lepsius, Mommsen u. A. nicht zu gedenken, — wesentliche Aenderungen und Berichtigungen erfahren haben.

1. S. 523. Goguet, auch im Anschlusse an Jos. Scaliger, im 1. Bde. De l'Origine des Loix etc. p. 217. Ueber die achttägige Woche der Römer vergl. bei Ideler, im 2. Bde. des Handbuchs der Chronologie, S. 135.

2. S. 524. Ueber die beiden Erklärungsweisen des Dio Cassius über die Reihenfolge der Wochentage, sowie über eine dritte, von Letronne aufgestellte, handelt ausführlich Humboldt im Kosmos III. Bd. S. 470 u. ff.

S. 529. Die Orthographie der Wochentage, Monatsnamen u. s. w. hier und in den folgenden Kapiteln, ist in der Uebersetzung meist aus Ideler's Handbuche entlehnt worden.

3. S. 531. Eine Uebersicht über die Zeitrechnung der Aegypter und die diesen Gegenstand betreffende reiche Literatur gibt Ideler im Handbuche I. Bd. S. 93 ff. — Ueber das Wort Nesi oder nest zur Bezeichnung der Epagomenen vergleiche Bd. II, S. 497 und 505; das Schaltjahr heißt bei den Arabern kabise (daf. S. 481 u. 510).

4. S. 532. Auch hier ist wiederum auf den Abschnitt über die Zeitrechnung der Griechen bei Ideler I. S. 227 ff. zu verweisen. So wich beispielsweise auch die Rechnungsweise der Macedonier merklich von den sonst in Griechenland üblichen ab. Ueber die Zeitrechnung der Römer handelt Ideler im 2. Bde. S. 3—174, siehe auch Th. Mommsen's römische Chronologie, Berlin 1858.

5. S. 533. Den Ursprung des Namens dieses zweiten, von Numa dem

römiſchen Kalender hinzugefügten Monats, von dem bekannt iſt, daß er lange Zeit hindurch bei den Römern das Jahr abſchloß, erklärt Feſtus noch auf zwei andere Weiſen, worüber auf den betreffenden Artikel in der großen franzöſiſchen Encyclopédie zu verweiſen iſt. — Macrob. Saturn. I, 13 ſagt: Secundum (mensem) dicavit Februo deo, qui lustrationum potens creditur. Vergl. auch Ideler II. S. 51.

6. S. 536. Dieſe Anordnung des Schaltmonats nach den Angaben des Macrobius und Varro; über das Ganze theilt wiederum Ideler im 2. Bde. ſoviel mit, als ſich aus den oft widerſprechenden Stellen bei den Alten ermitteln läßt.

7. S. 537. Daß der Beginn auf den 22. September 1792 fällt, wird ſpäter im 33. Kap. dieſes Buchs erwähnt. — Lalande und Delambre, die zu jener Zeit wohl das meiſte Anſehen unter den franzöſiſchen Aſtronomen genoſſen, hatten ſtets, vorzüglich der Erſtere, eine große Abneigung, wie gegen alle veränderten Einrichtungen der Republik, ſo auch gegen deren Kalender. Nur der Gewalt folgend berückſichtigte Lalande die neue Zeitrechnung in der damals von ihm herausgegebenen Connaissance des Temps, um dieſelbe ſobald als möglich wieder aufzugeben. Der eifrigſte Vorfechter für den neuen Kalender, Romme, wurde an demſelben Tage hingerichtet, an welchem das Kalenderproject veröffentlicht wurde.

S. 537. Macrob. Saturn. I, 14 ſagt: Hinc Attejus Capito annum a circuitu temporis putat dictum: quia veteres an pro circum ponere solebant. Siehe auch Ideler II S. 589.

S. 537/8. Nach den neueſten Beſtimmungen (ſiehe Hanſen's Sonnentafeln) beträgt die Länge des ſideriſchen Jahres 365,2563582 Tage oder 365 Tage 6 St. 9 Min. 9,35 Sec., woraus für 1850 die Länge des tropiſchen Jahres zu 365,2422008 Tagen oder 365 Tagen 5 St. 48 Min. 46,15 Sec. ſich ergibt. Will man die Länge des tropiſchen Jahres für einen anderen Zeitpunkt ermitteln, ſo hat man zu berückſichtigen, daß der Betrag derſelben ſich im Laufe eines Jahrhunderts um 0"5392 vermindert. Hierbei iſt angenommen, daß vermöge der allgemeinen Präceſſion die Nachtgleichenpunkte in 365¼ Tagen um 50"23414 zurückweichen, eine Größe, welche in hundert Jahren (gleichfalls von 1850 an gerechnet) um 0"02238 zunimmt.

S. 538/9. Das Citat aus Plutarch über Hermes Trismegiſtos u. ſ. w. ſcheint apokryph.

S. 541. Ueber die Sothisperiode vergl. Ideler I, S. 124 ff.

8. S. 542. Etwa 300 Jahre vor Beginn unſerer Zeitrechnung. Dieſelbe Vereinfachung, die Kalippus mit dem Meton'ſchen Cyclus vorgenommen hatte, führte Hipparch ſpäterhin zu dem nach dieſem Aſtronomen benannten, noch genaueren Cyclus von 304 Jahren. Vergl. Lalande in der Astronomie § 1417. — Wie unſere Kenntniß von den näheren Einzelheiten in dieſen cycliſchen Anordnungen in der Hauptſache auf dem beruht, was Geminus aufbewahrt hat, findet man ausführlich bei Ideler im 1. Bde. des Handbuchs.

Die Literatur über die griechiſchen Schaltcyclen iſt eine ſehr umfangreiche, und namentlich ſcheint etwas völlig Sicheres über die Einrichtung und die

Einführung des Meton'ſchen Cyclus von den Chronologen noch nicht ermittelt. Vergleiche unter Anderem eine Abhandlung von Emil Müller „die Ergebniſſe der neueſten Erörterungen über die griechiſchen Mondcyclen“ im Jahrgang 1857 der Zeitſchrift für Alterthumswiſſenſchaft.

Ueber die erſt im Mittelalter entſtandene Benennung der güldenen Zahlen ſiehe Ideler II, 122.

S. 544. Ueber die Anordnung der Schaltmonate im „Jahre der Verwirrung“ (nach Macrobius „annus confusionis ultimus“) ſiehe Ideler II, 122.

S. 546. Ueber die Art, wie Auguſtus die fehlerhafte Einſchaltung corrigirte, ſiehe ebendaſ. S. 132.

S. 546. Die Zeitrechnung der Hebräer behandelt Ideler ausführlich und mit Unterſcheidung mehrerer Perioden Bd. 1, S. 477 ff.; mit Bezug auf die Verwandſchaft des jüdiſchen und Meton'ſchen Schaltcyclus vergl. auch S. 330.

S. 546. Von der Benennung der Schalttage und Schaltmonate ſagt Macrob. Saturn. I, 13: Hos dies ὑπερβαίνοντας, menses vero ἐμβολιμούς appellabant; es ſcheint nicht, als wenn die Griechen das Beiwort ἐμβολιμός vom Jahre gebraucht hätten: vergl. indeß Ideler II, S. 265 über den Ausdruck Embolismus oder Mondſchaltjahr.

S. 547. Ueber die Zeitrechnung der Araber und Türken handelt Ideler im 2. Bde. S. 471 ff. und 559 ff.

S. 549. Laplace ſagt in der Exposition du système du monde, (Buch 5, Kap. 1) die Chineſen hätten den neunzehnjährigen Cyclus bereits 16. Jahrhunderte vor Meton gekannt. Vergl. jedoch Ideler I. 313 nebſt der Anmerkung II. 608.

S. 550. Die Zeitrechnung der Perſer bei Ideler II. S. 503 ff. Ueber die Schaltregel des dſchelaliſchen Jahres und ihre Vergleichung mit der gregorianiſchen ſiehe S. 530. Nach den oben gegebenen Daten würden übrigens 10000 tropiſche Jahre, von Chriſti Geburt an gerechnet, 3652420 Tage enthalten.

S. 551. Der Chronologie der chriſtlichen Völker widmet Ideler den größten Theil ſeines zweiten Bandes (S. 175—470); über die Vorbereitung und endliche Aufſtellung der Kalenderverbeſſerung, ſowie die Perſon des Aloyſius Lilius ſ. die S. 300 ff.

S. 554. Wenn nach dem gregorianiſchen Kalender von Chriſti Geburt bis zum Jahre 10000 3652425 Tage verfließen, ſo ſtellt ſich im Vergleich zur aſtronomiſchen Dauer dieſer 100 Jahrhunderte ein plus von 5 Tagen heraus.

S. 556. Von der Einführung der Kalenderreform bei den verſchiedenen Völkern berichtet Ideler S. 321 ff.; es geht daraus hervor, daß in Schweden die Einführung erſt am 18. Februar — 1. März 1753 geſchah. In Deutſchland faßten die evangeliſchen Stände beſonders auf Leibniz' Betrieb, und mit Zuziehung des jenaer Mathematicus Erhard Weigel am 23. Sept. 1699 den Beſchluß der Annahme des ſogenannten verbeſſerten Kalenders, der ſich vom gregorianiſchen noch durch eine Modification in der Berechnung des Oſterfeſtes unterſchied. Die Annahme des nach der cycliſchen Rechnung geordneten „verbeſſerten Reichs-

kalenders“ erfolgte endlich auf den Antrag Friedrich's II. durch das Corpus Evangelicorum am 13. Sept. 1775. Die Ruſſen und Griechen beharren nunmehr in Europa allein noch beim alten Kalender (Jahresanfang alſo gegenwärtig mit dem 13. Januar, im achtzehnten Jahrhundert mit dem 12. Januar neuen Stils u. ſ. w.).

S. 557. Ueber die verſchiedenen Jahresanfänge der chriſtlichen Völker ſiehe Ideler II. 326, 329, 359 u. ſ. w.

9. S. 559. Delambre Astronomie théorique et pratique, Paris 1814, Vol. III, p. 696; zugleich mit intereſſanten Nachrichten über die Schwierigkeiten bei Aufſtellung des neuen Kalenders der Republik.

S. 560. Zum 23. Kapitel vergl. Ideler I. 372 ff. u. II. 77 ff.

S. 560. Die Bedeutung des Wortes Indiction (von indicere) erörtert Ideler II. 347 ff. nach Savigny (Schriften der berliner Akademie 1822/23 S. 57), wonach der Cyclus der Indictionen urſprünglich eine Steuerperiode war, nach deren Ablaufe die allgemeine Erneuerung der Kataſter im römiſchen Reiche ſtattfand.

10. S. 562. Horaz im Carmen Saeculare. Ueber die verſchiedene Bedeutung des Saeculum bei den Römern iſt wiederum, nach den Quellen, Ideler zu vergleichen, II. S. 75—82 ff.

S. 562. Ideler hält das Wort aera oder era von einem Stamme mit Jahr, year, oder dem jera des Ulfilas und glaubt, es ſei durch die Gothen nach Spanien gebracht worden: ſiehe II. S. 427 ff.

S. 563. Ideler handelt von den verſchiedenen Weltären der Chronologen II. S. 444 ff.; über die Epochen der Olympiaden, der Erbauung Roms, des Nabonaſſar ſiehe I. 372, II. 154, I. 98; über die Aera vulgaris des Dionyſius exiguus II. S. 366.

S. 566. Ueber den 15. Juli 1622 als die Epoche der mohammedaniſchen Hedſchra vergl. Ideler II. 482 ff. Zugleich macht derſelbe darauf aufmerkſam, daß der eigentliche Tag der Flucht Mohammeds nicht mit der Epoche der Aera zuſammenfällt, ſondern in den 3. Monat des erſten Jahres der Hedſchra zu ſetzen iſt.

11. S. 568. Eine ſo frühe Feier des Oſterfeſtes, wie im Jahre 1818, wird ſich erſt 2285 wieder ereignen; der letzte Fall dieſer Art war im Jahre 1761 eingetreten. Man ſehe Bode's Aufſatz über die frühe Feier des Oſterfeſtes im Jahre 1818, im berliner Jahrbuche für 1818, S. 277.

12. S. 569. Gauß' rein arithmetiſche Regeln, die ſich nun in jeder Chronologie finden, ſtehen zuerſt für das chriſtliche Oſterfeſt in Zach's Monatlicher Correſpondenz, II. Bd. (1800) S. 122, (nebſt einer Berichtigung im 1. Hefte der Lindenau-Bohnenberger'ſchen Zeitſchrift für Aſtronomie S. 158) und zur Berechnung des jüdiſchen Oſterfeſtes in Mon. Correſp. V. Bd. S. 435, 436.

S. 570. Ueber die Bedeutung von Epacte (von ἐπάγειν) vergl. Ideler II, 239.

S. 579. Ueber die Feſte der Moslemen ſiehe Ideler II. 477; über Geburts- und Todestag des Propheten (nach Ideler bezüglich der 10. und 12. Rebi-el-awwel) ebendaſ. S. 498.

S. 580. Von den Feſten der Iſraeliten handelt Ideler I. 495, 514, 563; über den Anfang des kirchlichen und bürgerlichen Jahres, ſo wie über die Beſchaffenheit der jüdiſchen Monate vergleiche S. 491.

S. 585. Auch Des-Vignoles (Chronologie sainte, Berlin 1738) vertheidigt die alte Jahreslänge von 360 Tagen — ſiehe Ideler I. 479.

S. 586. Ueber das große Jahr berichtet Ideler nach Dom. Caſſini, Mairan, Goguet, Legentil und Bailly im 1. Bd. der Chronologie S. 211, über die Phönixperiode vergl. S. 183 ff. u. ſ. w.

S. 589. Ueber den Zeitpunkt der Geburt und der Kreuzigung Chriſti iſt faſt eben ſo viel, wie über das Jahr der Sündfluth oder die Gründung Rom's geſtritten worden. Von neueren Unterſuchungen führen wir nur die Arbeiten von Joh. v. Gumpach an, der ſich mehrfach mit bibliſcher Chronologie beſchäftigt hat (Alttestamentliche Studien — Zeitrechnung der Babylonier und Aſſyrer — Hülfsbuch der rechnenden Chronologie u. ſ. w.).

S. 591. Der julianiſchen Periode Scaliger's erwähnt Ideler in der Einleitung des 1. Bandes S. 76.

S. 595. Ueber die Isagoge in Arati phaenomena von Geminus und die Schrift des Ptolemäus *Φάσεις ἀπλανῶν ἀστέρων καὶ συναγωγὴ ἐπισημασιῶν* ſiehe Ideler I. 388. Laurentius Lydus ſchrieb „De ostentis et de mensibus“ (ed. Haſe, Paris 1823).

S. 604. Vom Obelisken des Seſoſtris erzählt Plinius Nat. hist. lib. 36. Ueber die verſchiedenen berühmten Gnomonen ſehe man den Artikel Méridienne in der franzöſiſchen Encyclopédie, von Lalande verfaßt.

Zum vierunddreißigſten Buch.

S. 615. Kepler in ſeiner ſehr ſeltenen Schrift: Somnium, seu opus posthumum de Astronomia lunari, Sagan und Frankfurt 1634. Einen Auszug daraus liefert Käſtner im 4. Bde. der Geſchichte der Mathematik.

S. 620. Mit Bezug auf die Verkleinerung des Sonnenbildes durch einen ausgeſchnittenen Schirm iſt zu erinnern, daß der auf dieſe Weiſe erzeugte Lichtkegel eine andere Geſtalt hat, als der in der Entfernung des Jupiter von der Sonne in das Saturn, im XXII. Auge gelangende Strahlenkegel.

S. 623. Von den Erſcheinungen des Ringes, vom Saturn aus geſehen, gibt Dionyſius Lardner eine genaue Darſtellung in ſeinem populären Handbook of Astronomy, und ganz ausführlich, mit Berichtigung erheblicher Irrthümer in der bisherigen Vorſtellungsweiſe, in ſeiner Abhandlung On the Uranography of Bande der Memoiren der Königl. aſtronom. Societät zu London.

S. 625. Von der Sichtbarkeit der Phaſen der Erdſcheibe abgeſehen, erſcheinen ſelbſtverſtändlich die Bewegungen der Geſtirne, der Sonne u. ſ. w. dem Mondbewohner ebenſo auf der abgekehrten Mondhälfte, wie auf der der Erde zugewandten Halbkugel.

S. 626. Die Phänomene, welche dem Beſchauer auf dem Monde unſere Erde zeigt, werden etwas verwickelter, wenn man auf die Libration sbewegung des Mondes Rückſicht nimmt. Auch würde für eine genauere, als von Arago beabſichtigte Erörterung zu bedenken ſein, daß die Erdaxe auf der Mondbahn nicht ſenkrecht ſteht, ſo wie daß wegen der Umdrehungsbewegung des Mondes um die Erde, die im Texte erwähnten Erſcheinungen nicht ſowohl in vierundzwanzig, als vielmehr erſt in nahezu 25 unſerer Stunden ſich wiederholen können.

S. 633. Abſolute Vollſtändigkeit beanſprucht natürlich die Aufzählung der hauptſächlichſten Sternwarten in unſerem Texte nicht, um ſo mehr, als ſo zu ſagen der Beſtand derſelben ſich alljährlich ändern muß: ſo könnte z. B. gegenwärtig für Deutſchland, Oeſterreich, und insbeſondere für Amerika der Name mancher für die Wiſſenſchaft nicht unrühmlich thätigen Anſtalt hinzugefügt werden.

Am Schluſſe des letzten Bandes der populären Aſtronomie halte ich es für meine Schuldigkeit, ausdrücklich zu erklären, daß die den Werth der deutſchen Ausgabe nicht wenig erhöhenden Anmerkungen mit wenigen Ausnahmen von Herrn Profeſſor d'Arreſt, Director der Sternwarte in Kopenhagen, herrühren. Dieſelben geben nicht allein zahlreiche Erläuterungen, Berichtigungen und Ergänzungen, ſondern enthalten auch werthvolle, oft weniger zugängliche literariſche Nachweiſungen. Für die große Mühe und Sorgfalt, welche eine ſolche Arbeit erfordert hat, erlaube ich mir meinem verehrten Freunde öffentlich meinen beſten Dank auszuſprechen.

Hankel.

Inhaltsverzeichniß

des vierzehnten Bandes.

Seite

Dreiundzwanzigstes Buch.

Allgemeine Anziehung 3
Erstes Kapitel. Vorwort 3
Zweites Kapitel. Gesetze der Anziehung, welche die Körper auf einander ausüben 4
Drittes Kapitel. Bestimmung der Sonnenmasse . . . 14
Viertes Kapitel. Störungen der Planetenbewegungen . . 16
Fünftes Kapitel. Störungen der Kometenbewegungen . . 22
Sechstes Kapitel. Vom Aether 24
Siebentes Kapitel. Massen der Planeten 28
Achtes Kapitel. Dichtigkeit der Erde 30
Neuntes Kapitel. Dichtigkeiten der Planeten 34
Zehntes Kapitel. Schwere auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten 36
Eltes Kapitel. Anschauliche Vergleichungen, um richtige Vorstellungen über die Größe des Firmamentes und der daran beobachteten Gestirne zu gewinnen 37
Zwölftes Kapitel. Von der Schwere auf der Oberfläche der Erde . 39
Dreizehntes Kapitel. Anziehung der Gebirge 58
Vierzehntes Kapitel. Metrisches System 60
Funfzehntes Kapitel. Ursache der Abplattung der Erde . . 65
Sechszehntes Kapitel. Ursache der hauptsächlichsten Störungen in der Bewegung des Mondes 66
Siebzehntes Kapitel. Störungen in der Bewegung des Mondes, herrührend von der Abplattung der Erde 69
Achtzehntes Kapitel. Die Sonnenparallaxe aus den Ungleichheiten der Mondbewegung hergeleitet 71

Seite

Neunzehntes Kapitel. Ueber die Secularglеichung der Mondbewegung 72
Zwanzigstes Kapitel. Ursache der Libration des Mondes . . 74
Einundzwanzigstes Kapitel. Ueber die Präcession der Aequinoctien und die Nutation der Erdaxe 76
Zweiundzwanzigstes Kapitel. Unveränderliche Lage der Erdpole 83
Dreiundzwanzigstes Kapitel. Unveränderlichkeit der Tagesdauer 84
Vierundzwanzigstes Kapitel. Von Ebbe und Flut . . . 87
Fünfundzwanzigstes Kapitel. Von den Erdbeben . . . 95
Sechsundzwanzigstes Kapitel. Ueber Ebbe und Flut in der Atmosphäre 96
Siebenundzwanzigstes Kapitel. Ueber die Fortpflanzung der Anziehungskraft 97

Vierundzwanzigstes Buch.

Mars 100
Erstes Kapitel. Aussehen des Planeten. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 100
Zweites Kapitel. Größe des Mars 103
Drittes Kapitel. Die Lichtgestalten des Mars 104
Viertes Kapitel. Unveränderliche Flecken auf dem Mars. — Seine Rotationsbewegung 105
Fünftes Kapitel. Abplattung des Mars 108
Sechstes Kapitel. Die Jahreszeiten auf dem Mars . . . 109
Siebentes Kapitel. Farbe des Mars 112
Achtes Kapitel. Ueber die Atmosphäre des Mars 113

Fünfundzwanzigstes Buch.

Ueber die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter . . . 117
Erstes Kapitel. Entdeckung der kleinen Planeten. — Titius' Gesetz . 117
Zweites Kapitel. Ceres 120
Drittes Kapitel. Pallas 121
Viertes Kapitel. Juno 122
Fünftes Kapitel. Vesta 123
Sechstes Kapitel. Asträa 124
Siebentes Kapitel. Hebe 124
Achtes Kapitel. Iris 125
Neuntes Kapitel. Flora 125
Zehntes Kapitel. Metis 126

Seite
Elftes Kapitel. Hygiea 127
Zwölftes Kapitel. Parthenope 127
Dreizehntes Kapitel. Victoria 128
Vierzehntes Kapitel. Egeria 129
Funfzehntes Kapitel. Irene 129
Sechszehntes Kapitel. Eunomia 130
Siebzehntes Kapitel. Psyche 130
Achtzehntes Kapitel. Thetis 131
Neunzehntes Kapitel. Melpomene 131
Zwanzigstes Kapitel. Fortuna 132
Einundzwanzigstes Kapitel. Massalia 132
Zweiundzwanzigstes Kapitel. Lutetia 133
Dreiundzwanzigstes Kapitel. Calliope 133
Vierundzwanzigstes Kapitel. Thalia 134
Fünfundzwanzigstes Kapitel. Phocea 134
Sechsundzwanzigstes Kapitel. Themis 135
Siebenundzwanzigstes Kapitel. Proserpina 135
Achtundzwanzigstes Kapitel. Euterpe 136
Neunundzwanzigstes Kapitel Bellona 136
Dreißigstes Kapitel. Amphitrite 137
Einunddreißigstes Kapitel. Urania 137
Zweiunddreißigstes Kapitel. Euphrosyne 138
Dreiunddreißigstes Kapitel. Pomona 138
Vierunddreißigstes Kapitel. Polyhymnia 139
Fünfunddreißigstes Kapitel. Circe 139
Sechsunddreißigstes Kapitel. Leucothea 140
Siebenunddreißigstes Kapitel. Atalante 140
Achtunddreißigstes Kapitel. Fides 141
Neununddreißigstes Kapitel. Leda 141
Vierzigstes Kapitel. Lätitia 142
Einundvierzigstes Kapitel. Harmonia 142
Zweiundvierzigstes Kapitel. Daphne 143
Dreiundvierzigstes Kapitel. Isis 143
Vierundvierzigstes Kapitel. Ariadne 144
Fünfundvierzigstes Kapitel. Nysa 144
Sechsundvierzigstes Kapitel. Eugenia 145
Siebenundvierzigstes Kapitel. Hestia 145
Achtundvierzigstes Kapitel. Aglaja 145
Neunundvierzigstes Kapitel. Doris 146
Funfzigstes Kapitel. Pales 146
Einundfunfzigstes Kapitel. Virginia 147

Seite

Zweiundfunfzigſtes Kapitel. Vermuthungen über den Urſprung der kleinen Planeten 147

Sechsundzwanzigſtes Buch.

Kosmiſche Meteore 153
Erſtes Kapitel. Vorwort 153
Zweites Kapitel. Meteorſteine 154
§. 1. Chemiſche Zuſammenſetzung der Meteorſteine . . . 154
§. 2. Niederfälle von Meteorſteinen vor dem Anfange unſerer Zeitrechnung 155
§. 3. Meteorſteine, bei denen die Zeit des Falles ſich nicht beſtimmen läßt 156
§. 4. Niederfälle von Meteorſteinen nach dem Anfange unſerer Zeitrechnung 156
§. 5. Gediegeneiſenmaſſen, die als meteoriſch angeſehen werden können 172
§. 6. Herabfallen von ſtaubartigen Maſſen 174
Drittes Kapitel. Ueber den Urſprung der Aerolithen . . . 180
Viertes Kapitel. Durch Aerolithen veranlaßte Unfälle . . . 186
Fünftes Kapitel. Feuerkugeln 190
Sechſtes Kapitel. Sternſchnuppen 231
Siebentes Kapitel. Hiſtoriſche Notizen über die Erklärung der kosmiſchen Meteore 256

Siebenundzwanzigſtes Buch.

Jupiter 263
Erſtes Kapitel. Ausſehen des Jupiter. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 263
Zweites Kapitel. Größe des Jupiter 265
Drittes Kapitel. Flecken des Jupiter. — Seine Rotationsbewegung 267
Viertes Kapitel. Geſtalt des Jupiter 270
Fünftes Kapitel. Die Streifen des Jupiter. — Seine Atmoſphäre 271
Sechſtes Kapitel. Lichtſtärke des Jupiter 279
Siebentes Kapitel. Vergleichung der Lichtintenſitäten in den Polar- und Aequatorealgegenden des Jupiter 281
Achtes Kapitel. Monde des Jupiter. — Ihre ſcheinbaren Bewegungen um dieſen Planeten 282
Neuntes Kapitel. Geſchichtliche Bemerkungen über die Entdeckung der Monde 284

Seite
Zehntes Kapitel. Masse des Jupiter 288
Elftes Kapitel. Größe der Jupitersmonde 289
Zwölftes Kapitel. Eigene Bewegungen der Jupitersmonde . . 292
Dreizehntes Kapitel. Bestimmung der Längen auf der Erde durch Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitersmonde 295
Vierzehntes Kapitel. Können die Jupitersmonde mit bloßen Augen gesehen werden? 298
Funfzehntes Kapitel. Vorübergang der Schatten über die Scheibe des Planeten. — Flecken der Monde. — Rotation dieser Gestirne . 301
Sechszehntes Kapitel. Veränderlichkeit der scheinbaren Größen der Monde und Folgerungen daraus 305
Siebzehntes Kapitel. Farben der Monde 307
Achtzehntes Kapitel. Vorübergänge der Monde vor der Scheibe des Jupiter 308

Achtundzwanzigstes Buch.

Geschwindigkeit und Aberration des Lichtes 310
Erstes Kapitel. Vorwort 310
Zweites Kapitel. Bemerkungen über die Erscheinungen, welche die Verfinsterungen der Jupitersmonde darbieten 311
Drittes Kapitel. Einfluß der Geschwindigkeit des Lichtes auf die beobachteten Werthe der synodischen Umlaufszeiten der Jupitersmonde . 316
Viertes Kapitel. Populäres Beispiel zur Verdeutlichung der Betrachtungen, welche von der Beobachtung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes geführt haben 318
Fünftes Kapitel. Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde 321
Sechstes Kapitel. Geschichtliches über die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes 323
Siebentes Kapitel. Aberration der Fixsterne 324
Achtes Kapitel. Theorie der Aberration 326
Neuntes Kapitel. Geschichtliches über die Entdeckung der Aberration 331
Zehntes Kapitel. Gleichheit der Geschwindigkeit des von verschiedenen Körpern ausgehenden Lichtes 333
Elftes Kapitel. Aberration der Planeten 334
Zwölftes Kapitel. Das Aberrationsphänomen als ein Mittel betrachtet, um den Abstand der Erde von der Sonne zu bestimmen . . 335
Dreizehntes Kapitel. Messung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtungen in geringen Abständen auf der Erde . . . 337

Seite

Vierzehntes Kapitel. Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtung der Phasen des Algol 343

Neunundzwanzigstes Buch.

Saturn 347
Erstes Kapitel. Aussehen des Saturn. — Seine Bewegung um die Sonne 347
Zweites Kapitel. Von der Größe des Saturn 350
Drittes Kapitel. Vom Ringe des Saturn 351
Viertes Kapitel. Historisches über die Entdeckung des Saturnringes 356
Fünftes Kapitel. Streifen des Saturn. — Atmosphäre desselben . 366
Sechstes Kapitel. Von der Rotation, der Gestalt und Abplattung des Saturn 368
Siebentes Kapitel. Von den Satelliten des Saturn 371
Achtes Kapitel. Historisches über die Entdeckung der Saturntrabanten 372
Neuntes Kapitel. Von der Rotation des Saturnringes . . 375
Zehntes Kapitel. Hat der Ring des Saturn durch den Schweif eines Kometen entstehen können, der in seinem Laufe dem Planeten etwa sehr nahe gekommen ist? 380

Dreißigstes Buch.

Uranus 385
Erstes Kapitel. Aussehen des Uranus. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 385
Zweites Kapitel. Geschichte der Entdeckung des Uranus . . 386
Drittes Kapitel. Aeltere Beobachtungen des Uranus 393
Viertes Kapitel. Größe des Uranus. — Seine Gestalt. — Seine Umdrehung 395
Fünftes Kapitel. Monde des Uranus 398

Einunddreißigstes Buch.

Neptun 408
Erstes Kapitel. Aussehen des Neptun. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 408
Zweites Kapitel. Von der Größe des Neptun 409
Drittes Kapitel. Geschichte der Entdeckung des Neptun . . 410

Seite
Viertes Kapitel. Aeltere Beobachtungen des Neptun . . . 421
Fünftes Kapitel. Monde des Neptun 423

Zweiunddreißigstes Buch.

Jahreszeiten und Klimate 424
Erstes Kapitel. Vorwort 424
Zweites Kapitel. Thermometer. — Temperaturen . . . 425
Drittes Kapitel. Mittheilung der Wärme durch Berührung . . 427
Viertes Kapitel. Mittheilung der Wärme durch Strahlung. — Bewegliches Temperaturgleichgewicht 428
Fünftes Kapitel. Strahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper 430
Sechstes Kapitel. Auf welche Weise erkalten die Körper durch Strahlung ihrer Wärme gegen die Regionen des Raumes? . . . 430
Siebentes Kapitel. Erwärmung der Körper durch die Strahlen der Sonne. — Zusammensetzung dieser Strahlen. — Chemische Wirkung. — Reflectirte, absorbirte, durchgelassene Strahlen 435
Achtes Kapitel. Eigenschaften der Wärme, welche den aus irdischen Quellen stammenden Lichtstrahlen beigemengt ist. — Diathermane Substanzen 439
Neuntes Kapitel. Wärmecapacität des Wassers. — Specifische Wärme, freie und latente Wärme des Eises, des flüssigen Wassers und des Wasserdampfes. — Kälte, welche stets die Verdampfung begleitet 441
Zehntes Kapitel. Erwärmung der Luft 444
Elftes Kapitel. Mittlere Temperaturen 446
Zwölftes Kapitel. Erklärung der Jahreszeiten 448
Dreizehntes Kapitel. Ueber die periodischen Temperaturerniedrigungen im Februar und Mai 456
Vierzehntes Kapitel. Constanter Werth der mittleren Temperatur für alle Punkte eines bestimmten Horizontes des Festlandes. — Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in Städten und auf freiem Felde . 458
Funfzehntes Kapitel. Mittlere Temperaturen des Meeres in den verschiedenen Breiten 459
Sechszehntes Kapitel. Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen der nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte. — Die Sonne sendet beiden Halbkugeln der Erde gleiche Wärmemengen zu 461
Siebzehntes Kapitel. Erklärung des Unterschiedes in den mittleren Temperaturen zweier nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte 463
Achtzehntes Kapitel. Erklärung der Temperaturunterschiede zwischen

Seite

den Oſt- und Weſtküſten der beiden Continente. — Strenges Klima des nördlichen Amerikas 464

Neunzehntes Kapitel. Winde. — Land- und Seewinde. — Mouſſons. — Paſſatwinde. — Entſtehung der Winde durch Druck oder Saugen. — Hermattan, Samum, Chamſin. — Geſchwindigkeit der verſchiedenen Winde. — Einfluß der Bergketten und Hochebenen auf die Fortpflanzung der Winde 468

Zwanzigſtes Kapitel. Wirkungen der Meeresſtrömungen und Meere auf die Klimate 480

Einundzwanzigſtes Kapitel. Klimate. — Dauer der Tage und Nächte an verſchiedenen Orten und zu verſchiedenen Zeiten. — Zonen auf der Erdoberfläche 483

Zweiundzwanzigſtes Kapitel. Iſothermen. — Nothwendigkeit, beim Entwerfen dieſer Linien auf die Höhe der Beobachtungsſtationen Rückſicht zu nehmen. — Schneegrenze 487

Dreiundzwanzigſtes Kapitel. Können die Arbeiten der Menſchen das Klima eines gegebenen Ortes abändern? 496

Vierundzwanzigſtes Kapitel. Sind die Klimate durch neuere Erdrevolutionen umgekehrt worden? 497

Fünfundzwanzigſtes Kapitel. Können die Kometen merklich den Gang der Jahreszeiten abändern? 501

Sechsundzwanzigſtes Kapitel. Numeriſche Angaben in Bezug auf die Klimate 515

Dreiunddreißigſtes Buch.

Vom Kalender 520

Erſtes Kapitel. Vorwort 520

Zweites Kapitel. Definitionen 521

Drittes Kapitel. Die Woche 522

Viertes Kapitel. Die Rangordnung der Wochentage nach den Aſtrologen 526

Fünftes Kapitel. Welches iſt der erſte Tag der Woche? . . . 528

Sechſtes Kapitel. Die Monate 529

Siebentes Kapitel. Die Monate der Aegypter 530

Achtes Kapitel. Die Monate der Griechen 531

Neuntes Kapitel. Die römiſchen Monate 532

Zehntes Kapitel. Die Monate im republikaniſchen Kalender . . 536

Elftes Kapitel. Von den verſchiedenen Sonnenjahren . . . 537

Zwölftes Kapitel. Das ägyptiſche Jahr. — Das bewegliche Jahr. — Die Sothisperiode 538

Seite

Dreizehntes Kapitel. Das griechiſche Jahr. — Die Cyclen des Meton und des Kalippos 541

Vierzehntes Kapitel. Das römiſche Jahr 543

Funfzehntes Kapitel. Die julianiſche Kalenderverbeſſerung . . 543

Sechszehntes Kapitel. Das Jahr der Iſraeliten . . . 546

Siebzehntes Kapitel. Das Jahr der Mohammedaner . . 547

Achtzehntes Kapitel. Das Jahr der Chineſen 548

Neunzehntes Kapitel. Das Jahr der Perſer im 11. Jahrhundert 550

Zwanzigſtes Kapitel. Die gregorianiſche Kalenderreform. — Das chriſtliche Jahr alten und neuen Stils. — Einführungszeit des verbeſſerten Kalenders bei den verſchiedenen Völkern. — Unterſchied zwiſchen den Daten des julianiſchen und gregorianiſchen Jahres. — Zeitrechnung der Ruſſen 551

Einundzwanzigſtes Kapitel. Vom Anfang des Jahres . . 556

Zweiundzwanzigſtes Kapitel. Vom Jahresanfang im republikaniſchen Kalender 559

Dreiundzwanzigſtes Kapitel. Von den Olympiaden und Luſtren 560

Vierundzwanzigſtes Kapitel. Von den Indictionen (Römerzinszahl) 560

Fünfundzwanzigſtes Kapitel. Das Säculum 561

Sechsundzwanzigſtes Kapitel. Von den Aeren . . . 562

Siebenundzwanzigſtes Kapitel. Von der Weltaera . . 562

Achtundzwanzigſtes Kapitel. Von der olympiſchen Aera . . 563

Neunundzwanzigſtes Kapitel. Die Aera von der Gründung Roms 564

Dreißigſtes Kapitel. Von der Aera des Nabonaſſar . . . 564

Einunddreißigſtes Kapitel. Von der chriſtlichen Aera . . 565

Zweiunddreißigſtes Kapitel. Von der mohammedaniſchen Zeitrechnung oder der Aera der Hedſchra 566

Dreiunddreißigſtes Kapitel. Von der Aera des republikaniſchen Kalenders 566

Vierunddreißigſtes Kapitel. Von den beweglichen Feſten der chriſtlichen Kirche. — Beſtimmung des Oſterfeſtes 566

Fünfunddreißigſtes Kapitel. Von der Anwendung der güldenen Zahl zur Beſtimmung des Datums der kirchlichen Feſte . . . 569

Sechsunddreißigſtes Kapitel. Die Epacten (Mondzeiger). — Die kirchliche Feſtrechnung 570

Siebenunddreißigſtes Kapitel. Die Sonntagsbuchſtaben. — Der immerwährende Kalender 573

Achtunddreißigſtes Kapitel. Berechnung der Sonntagsbuchſtaben. — Sonnencyclus 578

Seite

Neununddreißigſtes Kapitel. Von den Feſten der Mohammedaner 579

Vierzigſtes Kapitel. Die Feſte der Juden 580

Einunddvierzigſtes Kapitel. Wird in Zukunft eine Zeit kommen, wo die Tage ſämmtlich gleiche Länge haben und das ganze Jahr hindurch dieſelbe Temperatur herrſcht? 581

Zweiunddvierzigſtes Kapitel. Iſt es denkbar, daß in vorhiſtoriſcher Zeit das Jahr aus einer runden Anzahl von Tagen, ohne Bruchtheile, beſtanden habe? 584

Dreiunddvierzigſtes Kapitel. Ueber das große Jahr . . . 586

Vierunddvierzigſtes Kapitel. Von der verſchiedenen Art, wie die Chronologen und Aſtronomen die Jahre vor der chriſtlichen Zeichrechnung zählen 589

Fünfunddvierzigſtes Kapitel. Mit welchem Tage ſchließt das achtzehnte Jahrhundert und wann beginnt das neunzehnte? 590

Sechsunddvierzigſtes Kapitel. Wie merkt man ſich leicht die Monate von 30 und 31 Tagen? 591

Siebenunddvierzigſtes Kapitel. Von der ſogenannten julianiſchen Periode 591

Achtunddvierzigſtes Kapitel. Vom Almanach und vom Kalender . 594

Neununddvierzigſtes Kapitel. Ephemeriden und Jahrbücher (Annuaires) 598

Funfzigſtes Kapitel. Ueber die Meſſung der Zeit durch die Bewegung der Sonne. — Aufſtellung der Gnomonen und Sonnenuhren. — Beſtimmung der Lage eines Ortes. — Gebrauch der Ephemeriden. — Der Octant. — Der Sextant. — Der Reflexionskreis. — Depreſſion des Horizontes. — Nautiſche Aſtronomie 600

Vierunddreißigſtes Buch.

Uranographiſche Miscellen 615

Erſtes Kapitel. Einleitung 615

Zweites Kapitel. Die Aſtronomie für einen im Mittelpunkte und auf der Oberfläche der Sonne befindlichen Beobachter 616

Drittes Kapitel. Die Aſtronomie für einen Beobachter auf dem Merkur 618

Viertes Kapitel. Die Aſtronomie für einen Beobachter auf dem Jupiter 620

Fünftes Kapitel. Die Aſtronomie für einen Beobachter auf dem Saturn 623

Sechſtes Kapitel. Wie zeigen ſich die aſtronomiſchen Erſcheinungen einem auf dem Monde befindlichen Beſchauer? 624

Seite

Siebentes Kapitel. Von der Astrologie 628
Achtes Kapitel. Von den Sternwarten. — Von den astronomischen Beobachtungen und den Umständen, welche sie begünstigen . . . 631
Neuntes Kapitel. Chronologische Uebersicht der vorzüglichsten astronomischen Entdeckungen 638

Anmerkungen zum dreiundzwanzigsten Buche 642
Anmerkungen zum vierundzwanzigsten Buche 643
Anmerkungen zum fünfundzwanzigsten Buche 644
Anmerkungen zum sechsundzwanzigsten Buche 645
Anmerkungen zum siebenundzwanzigsten Buche 646
Anmerkungen zum achtundzwanzigsten Buche 648
Anmerkungen zum neunundzwanzigsten Buche 649
Anmerkungen zum dreißigsten Buche 651
Anmerkungen zum einunddreißigsten Buche 652
Anmerkungen zum zweiunddreißigsten Buche 654
Anmerkungen zum dreiunddreißigsten Buche 656
Anmerkungen zum vierunddreißigsten Buche 660

Verzeichniß der Figuren

des vierzehnten Bandes.

Figur		Seite
305.	— Anziehung der Erde auf den Mond	8
306.	— Verticaler Durchschnitt von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde	31
307.	— Grundriß von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde	32
308.	— Platinkugel des von Borda und von Arago und Biot angewandten Pendels	42
309.	— Aufhängeschneide an dem Pendel von Arago und Biot	42
310.	— Platte zur Aufhängung des Pendels	43
311.	— Aufstellung des von Arago und Biot angewandten Pendels	43
312.	— Träger des Pendels von Arago und Biot	44
313.	— Ebene Metallscheibe zur Messung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels	46
314.	— Aufhängeschneide des Maaßstabes zur Messung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels	46
315.	— Mechanismus des Comparateurs von Fortin	48
316.	— Ansicht des auf den Fortin'schen Comparateur gelegten Maaßstabes	48
317.	— Ansicht des Borda'schen Pendels	50
318.	— Oberer und unterer Theil des Borda'schen Pendels	51
319.	— Ebene zur Aufhängung der Schneide beim Borda'schen Pendel	52
320.	— Borda's Maaßstab zur Messung der Pendellänge	53
321.	— Präcession der Aequinoctien	80
322.	— Nutation der Erdaxe	81
323.	— Scheinbare Größen der Scheibe des Mars in der größten, kleinsten und mittleren Entfernung von der Erde	103
324.	— Südliche Halbkugel des Mars	106
325.	— Nördliche Halbkugel des Mars	107

Figur Seite
326. — Meteorſtein von Santa-Roſa, reducirt auf $^1/_{10}$ ſeiner Höhe . . 188
327. — Feuerkugeln in Paris von 1841 bis 1853 von Coulvier Gravier beobachtet 224
328. — Kreisförmige Darſtellung der Zahlen von beobachteten Feuermeteoren in Gruppen von fünf Tagen zwiſchen den Jahren 960—1275 235
329. — Scheinbare Größen der Scheibe des Jupiter in den extremen und mittleren Abſtänden von der Erde 266
330. — Dunkle Hauptſtreifen des Jupiter nach Arago's Meſſungen . . 278
331. — Erklärung der Sichtbarkeit des Ein- und Austrittes der Jupitersmonde aus dem Schattenkegel 311
332. — Wirkliche relative Bewegungen der Erde und des Jupiter . . 313
333. — Beziehung zwiſchen der ſideriſchen und ſynodiſchen Umlaufszeit des Jupiter 315
334. — Aenderungen in den mittleren Abſtänden der Erde vom Jupiter zu den verſchiedenen Zeiten 317
335. — Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Lichtes durch die Verfinſterungen der Jupitersmonde 322
336. — Erklärung der Aberration im Falle zweier aufeinander ſenkrechten Bewegungen 326
337. — Erklärung der Aberration im Falle ſchief gegen einander gerichteter Bewegungen 326
338. — Einfluß der Verbindung der Geſchwindigkeit des Lichtes mit der Geſchwindigkeit der Erde auf den ſcheinbaren Ort der Fixſterne . 329
339. — Fizeau's Apparat zur Meſſung der Geſchwindigkeit des Lichtes bei kleinen Entfernungen auf der Erde 336
340. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades beim Stillſtehen des letztern in Fizeau's Apparate 339
341. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während der Umdrehung des letztern vor dem erſten Verſchwinden des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate 340
342. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während des erſten Verſchwindens des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate 341
343. — Durchſchnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades in Fizeau's Apparate bei doppelter Geſchwindigkeit von derjenigen, welche das erſte Verſchwinden erzeugte 342
344. — Scheinbare Größe der Saturnſcheibe je nach der verſchiedenen Entfernung des Planeten von der Erde 351
345. — Perſpectiviſche Anſicht des Saturn und ſeines Ringes . . 352
346. — Anſicht des Saturn und ſeines doppelten Ringes für einen in der Verlängerung der Axe des Planeten befindlichen Beobachter . 352

Figur		Seite
347.	— Scheinbare Größe der Scheibe des Uranus in der mittleren Entfernung des Planeten von der Erde	396
348.	— Scheinbare Größe der Scheibe des Neptun bei mittlerem Abstande des Planeten von der Erde	409
349.	— Isothermen der alten Welt nach Arago	488
350.	— Isothermen der neuen Welt nach Arago	489
351.	— Isothermen der nördlichen Halbkugel in stereographischer Projection	490
352.	— Isothermen der südlichen Halbkugel in stereographischer Projection	491
353.	— Erklärung der Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen	526
354.	— Armille	601
355.	— Gnomon	602
356.	— Gnomon mit durchbohrter Scheibe	603
357.	— Princip der Reflexionsinstrumente	606
358.	— Der Octant	609
359.	— Der Sextant	610
360.	— Reflexionskreis	611

Regiſter zur populären Aſtronomie.

(I., II., III., IV. bedeutet den I., II., III., IV. Band der populären Aſtronomie oder den XI., XII., XIII., XIV. der geſammten Werke.)

Abendſtern II. 451.
Aberration des Lichtes IV. 310, Theorie IV. 326, A. der Fixſterne IV. 324, Geſchichtliches IV. 331, 640, A. der Planeten IV. 334, Beſtimmung der Entfernung der Sonne von der Erde durch die A. IV. 338.
Abplattung der Erde III. 254, Urſache der A. IV. 65, Geſchichtliches IV. 640.
Abſorptionsvermögen der Körper IV. 430.
Abweichung I. 234, 259.
Acharnar I. 269, 304.
Achromatiſch I. 94
Ackaïd I. 289.
Adler, Sternbild, I. 272, 278, α ſ. Atair, β I. 313, γ I. 313, η I. 335, 336.
Aequator der Erde I. 241, des Himmels I. 199.
Aequatoreal II. 37.
Aequatorhöhe I. 206.
Aequinoctien ſ. Nachtgleichenpuncte.
Aera IV. 562, die chriſtliche IV. 565, Weltaera IV. 562, A. der Hedſchra IV. 566, des Nabonaſſar IV. 564, olympiſche IV. 563, des republikaniſchen Kalenders IV. 566, von der Gründung Roms IV. 564.
Aerolithen ſ. Meteorſteine.
Aether IV. 24, obere Grenze der Dichtigkeit des A. I. 351, 352.
Aglaja IV. 145.
Akaſch I. 449.
Alcyone I. 429.
Aldebaran I. 268, 291, 292, 304, 313, 398, II. 22.
Alexandra, Aſteroid IV. 645.
Algenib I. 269, 290.
Algol I. 290, 334, 336, 344, IV. 343.
Alioth I. 289.
Alkor I. 289, 330.
Almanach IV. 521, 591.
Altair ſ. Atair.
Altar, Sternbild, I. 272, 279.
Alula I. 289.
Amphitrite IV. 137, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Andromeda, Sternbild, I. 272, 278, 290; α I. 290, 309, 314, 392; γ I. 290, 394; ζ I. 329; Nebelfleck I. 434.
Anhöhe III. 49.
Anomaliſtiſcher Umlauf III. 322.
Antares I. 268, 292, 304, 398.
Antarktiſcher Pol ſ. v. a. Südpol.
Antinous, Sternbild, I. 273, 278, 280; η ſ. η im Adler.
Anziehung, allgemeine IV. 3; Geſetze der A. IV. 4, Fortpflanzung der A. IV. 97, A. der Gebirge IV. 58, Allgemeinheit der A. I. 408, Geſchichtliches IV. 11, 640.
Aphel II. 204, 227, 237.
Apogäum der Sonne I. 235, 237, d. des Mondes III. 297.
Aprilmond, der rauhe III. 298.
Apſiden II. 227, III. 297.
Argo, Sternbild, ſ. Schiff.
Ariadne IV. 144.
Arktiſcher Pol I. 198.
Arktur I. 268, 291, 293, 304, 309,

313—316, 373, 398, II. 22, 23, 36.
Armille IV. 601.
Asterismen I. 267.
Asteroiden II. 47, IV. 117; Name IV. 119, Entdeckung der A. IV. 117, 645, Ursprung IV. 147.
Asterope I. 429.
Asträa IV. 124, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Astrologie I. 361, IV. 628.
Atair I. 269, 301, 313; II. 25.
Atalante IV. 140.
Atlas, Stern in den Plejaden, I. 429.
Atmosphäre der Erde III. 134, Höhe der A. III. 148, Ebbe und Flut der A. III. 422, IV. 96, Rolle der A. bei den Mondfinsternissen III. 453, A. der Fixsterne I. 444
Attraction s. Anziehung.
Aufgangspunct I. 185.
Auge I. 96.
Ausweichung s. Digression.
Axen der Ellipse I. 31.
Azimutalkreis III. 203.
Azimutalwinkel I. 185, 196.
Barometer III. 135, IV. 639; B. zu Höhenmessungen benutzt III. 138.
Bär, der große, Sternbild, I. 271, 278, 284, 288, 293, 302, α s. Dubhe, β s. Merak, γ s. Phegda, δ s. Megrez, ε s. Alioth, ζ s. Mizar, η s. Benetnasch, λ und μ s. Tania, ι s. Talita, ν und ξ s. Alula, ξ I. 395, 406, 426, χ s. Alkor. — Der kleine B., Sternbild, I. 271, 278, 284, 290, 302; α s. Polarstern.
Becher, Sternbild, I. 272, 279.
Bedeckungen III. 429, B. der Planeten und Fixsterne III. 442, Eintritt und Austritt III. 443, Nutzen für die Chronologie III. 444, Bestimmung der Durchmesser der Sterne mittelst der B. III. 445.
Begleiter der Fixsterne (der mehrfachen Sterne) I. 392, 422.
Beharrungsvermögen I. 35.
Bellatrix I. 268, 313.
Bellona IV. 136, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Benetnasch I. 289.
Beobachtungen, astronomische, IV. 631.
B. der Sterne und Planeten am hellen Tage IV. 639.
Berenice, Haar der, — Sternbild — I. 273, 278.
Berg III. 49, Höhen der Berge III. 158. 166.
Betelgeuze I. 268, 304, 313, 314, 337.
Bewegung I. 35, B. eines Körpers um einen Mittelpunkt II. 222.
Biene, Sternbild, I. 273.
Bildhauerwerkstatt, Sternbild, I. 274, 280.
Bootes, Sternbild, I. 271, 278, 284, 291, 294, 302; α s. Arktur, δ I. 395, ε I. 395, μ I 392.
Boussole, Sternbild, I. 275, 279.
Brechung des Lichtes s. Licht.
Breite, astronomische, I. 269, 263; geographische B. I 295, III. 57; Bestimmung der geodätischen B. III. 196, IV. 612.
Breitenkreise III. 58.
Brenngläser s. Linsen.
Brennpunkt der Ellipse und Parabel I. 31, B. des Hohlspiegels I. 67, B. einer Linse I. 80, B. des Objectivs I. 418.
Brennpunktsebene I. 84.
Brennweite I. 103.
Brillen I. 98, Erfindung der B. I. 143, IV. 638.
Buchdruckerwerkstatt, Sternbild, I. 276, 279.
Calliope IV. 133, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Calypso, Asteroïd IV. 645.
Canopus I. 269, 304.
Capella I. 268, 291, 304, 310, 313, 373, II. 22, 23.
Capwolken I. 468.
Cassiopeja, Sternbild, I. 272, 278, 290; α I. 326, 337; β I. 324, 326; δ I 309; η I. 396; μ II. 22, 36; ψ I. 407.
Castor I. 269, 291, 395, 406.
Celeno I. 429.
Centaur, Sternbild, I. 272, 279; α I. 304, 373, 406, 411, II. 22, 23; β I. 304.
Cepheus, Sternbild, I. 271, 278; δ I. 335, 336; ε I. 396.

Cerberus, Conſtellation von Sternen, I. 274, 278.
Ceres IV. 120, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Chamäleon, Sternbild, I. 273. 279.
Chamſin IV. 478.
Chromatiſche Abweichung I. 93.
Chronometer I. 227, III. 225.
Circe IV. 139.
Collimationsfehler IV. 611.
Compenſationspendel IV, 639.
Complementäre Farben II. 91.
Conjunction II. 191, IV. 100, 263, 348; des Mondes III. 294; obere und untere C. II. 432, 449, IV. 100.
Corona (bei Sonnenfinſterniſſen) III. 470.
Correſpondirende Höhen I. 196.
Culminiren II. 62, I. 226.
Cyclen des Meton und Kalippos IV. 542.
Cycloide I. 53.
Cycloidenpendel I. 54.
Cynoſura I. 271.
Dämmerung III. 144.
Daphne IV. 143.
Declination I. 234, 259, 263.
Delphin, Sternbild, I. 272, 278; γ I. 396.
Deneb I. 269.
Denebola I. 268, 291, 313, 327.
Depreſſion des Bodens in Aſien III. 187, D. des Horizontes IV. 613.
Diathermane Subſtanzen IV. 439.
Diffuſe ſelbſtleuchtende Materie I. 442, II. 15; diffuſe nicht leuchtende Materie I. 465; Verdichtung der d. Materie zu Sternen I. 450.
Digreſſion II. 191, 192.
Dione IV. 375.
Diopter I. 187.
Directe Bewegung II. 189, 240, IV. 101.
Disperſion des Lichtes I. 91.
Doppelbrechung des Lichtes ſ. Licht.
Doppelſterne I. 390, Lichtſtärke und Farben der D. I. 394, Urſache der Farbenverſchiedenheit der D. I. 396, 399, relative Ortsveränderung der D. I. 403, Bewegung der D. I. 408, Maſſe der D. I. 409, Entfernung d D. I. 411, D. Gegenſtand eifriger Beobachtung I. 402, Beſtimmung der Güte der Fernröhre durch D. I. 416, IV. 405, Zuſammenhang zwiſchen Nebelflecken und D. I. 467, Geſchichtliches I. 422.
Dorade, Sternbild, I. 273.
Doris IV. 146.
Drache, Sternbild, I. 271, 278; α I. 326, 327, γ I. 326, μ I. 395, ν I. 395, o I. 395.
Dreieck, das nördliche große — Sternbild — I. 272, 278; α und β I. 326; das nördliche kleine D. I. 274; das ſüdliche D. I. 273, 279.
Dubhe I. 289.
Durchgänge ſ. Merkur und Venus.
Ebbe IV. 87, E. der Atmoſphäre III. 422, IV. 96.
Echappement, freies I. 57, IV. 639.
Egeria IV. 129, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Eiche Carls II., Sternbild, I. 274, 279.
Eidechſe, Sternbild, I. 273, 278.
Einfallswinkel I. 65.
Einhorn, Sternbild, I. 273, 278, 280; Nr. 11 : I. 392.
Einſiedler, Sternbild, I. 275, 279.
Ekliptik I. 223, 238; Ebene der E. I. 223, Schiefe der E. I. 223, Aenderung der Schiefe der E. I. 223, IV. 583.
Electra I. 429.
Electriſirmaſchine, Sternbild, I. 276, 280.
Elemente der Bahn eines Planeten II. 227, Secularänderungen dieſer E. II. 232, paraboliſche E. der Bahn eines Kometen II. 240.
Ellipſe I. 29, II. 200.
Ellipſoid III. 265.
Elongation ſ. Digreſſion.
Enceladus IV. 375.
Entdeckungen, chronologiſche Ueberſicht der aſtronomiſchen, IV. 638.
Epacten IV. 570.
Ephemeriden IV. 598, Gebrauch der E. IV. 606.
Epicykeln II. 214.
Erde, numeriſche Angaben III. 4, Bewegung um die Sonne II. 201, 203, Geſchichtliches II. 218, Aenderung dieſer Bewegung III. 269, Umlaufszeit II. 201, 207, Entfernung von

der Sonne III. 277, 281, II. 201, IV. 118, Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne mittelst der Venusdurchgänge III. 272, mittelst des Aberrationsphänomens IV. 335, Freischweben der E. im Raume III. 15, Bestimmung der Größe und Gestalt III. 5, IV. 31, Masse IV. 29, Dichtigkeit IV. 30, Schwere auf der Oberfläche IV. 39, Volumen und Gewicht der E. IV 35, Rotation III. 17, materielle Beweise für die Rotation III. 28, Geschichtliches über die Rotation III. 21, Aenderung der Umdrehungszeit III. 267, Wirkungen einer Verrückung der Umdrehungsaxe III. 265, unveränderliche Lage der Erdpole IV. 83, Abplattung s. d., Oberfläche s. Erdoberfläche, das Innere der E. III. 191, Zusammenstoß mit einem Kometen II. 386, III. 281, die E. als Mond eines Kometen II. 411, die E. vom Monde aus gesehen III. 373.

Erdbeben IV. 95.

Erdferne I 237.

Erdnähe I. 237.

Erdoberfläche III. 47, die geographischen Coordinaten der wichtigsten Punkte der E. III. 228, von Frankreich III. 230, Großbrittanien 233, Holland, Belgien, Dänemark, Schweden, Norwegen 234, Rußland, Deutschland 235, Ungarn, Dalmatien, Türkei, Griechenland 236, Italien, Schweiz 237, Spanien, Portugal, Asien 238, Australien, Afrika 239, Amerika 240; Wirkung der Wasserströme auf die Bildung der E. III. 81.

Eridanus, Sternbild, I. 272, 278, 279; α s. Acharnar; δ II. 22.

Erntehüter, Sternbild, I. 275, 278.

Erntemonat III. 423.

Esel (die Sterne γ und δ im Krebs) I. 276, 279, 430.

Eugenia IV. 145.

Eunomia IV. 130, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.

Euphrosyne IV. 138, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.

Europa, Asteroid IV. 645.

Euterpe IV. 136, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.

Evection III. 299, IV. 68.

Excentricität I. 31, 406, II. 228; Aenderungen der E II. 232.

Fadenmikrometer s. Mikrometer.

Fall IV. 57.

Farbenspectrum I. 155, 350.

Fernrohr I. 86, Abweichung wegen der Kugelgestalt des Objectivs, I. 89, chromatische Abweichung I. 91, achromatisches Objectiv I. 95, Vergrößerung I. 102, II. 66, Methode die Vergrößerung zu bestimmen I. 105, 130 (Anmerk. 7), Bestimmung der Güte großer F. I. 418, IV. 405, schwach vergrößernde F. scheinen nicht zu vergrößern I. 108, Gesichtsfeld I. 110, II. 252, astronomisches F. I. 87, 93, II 41, IV 638, achromatisches F. I. 155, IV. 639, F mit parallatischer Aufstellung II. 36, F. mit Polariskop II. 91, IV. 639, Wirkung der F. auf die Sichtbarkeit der Sterne I. 163, ob das F. den Alten bekannt war I. 146, Geschichtliches I. 148. — F., Sternbild, I. 275, 279.

Feste, die beweglichen, der christlichen Kirche IV. 566, F. der Juden IV. 580, der Mohammedaner IV. 579.

Festrechnung, die kirchliche, IV. 570.

Feuerkugeln IV. 153, 190; Größe und Entfernung der F. IV. 226.

Fides IV. 141.

Finsternisse III. 429, Eintritt und Austritt III. 443, Berechnung der F. III. 437, Berechnung der F. bei den Alten III. 450, Periode von Saros III. 452, Nutzen für die Chronologie III. 144, Geschichtliches III. 450; s. Sonnen- und Mondfinsternisse.

Firmament, Größe des, IV. 37.

Fisch, fliegender — Sternbild — I. 272, 279, 280.

Fisch, der südliche — Sternbild — I. 273, 279; α s. Fomalhaut.

Fische, Sternbild, I. 271, 278, 280, 295.

Fixsterne I. 163, Name, I. 190, II. 21, Entfernung der F. I. 190, 374, Bestimmung der Entfernung I. 366,

411; Parallaxe der F. I. 366; Größenklassen der F. I. 283; eignes Licht der F. I. 381, 460; Atmosphären der F. I. 464; Rotation der F. I. 363, eigne Bewegung der F. II. 21—35; Beschaffenheit der leuchtenden Oberfläche der F. II. 145; ob sich Kometen auf F. gestürzt haben II. 395; s. Sterne.
Flächen I. 3, Arten der F. I. 3.
Fliege, Sternbild, I. 273, 274, 278.
Flora IV. 125, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Flut IV. 87, F. der Atmosphäre III. 422, IV. 96.
Fomalhaut I. 268, 292, 305.
Fortuna IV. 132, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Foucault's Pendelbeweis für die Rotation der Erde III. 36.
Friedrichsehre, Sternbild, I. 276, 278.
Frühling IV. 434.
Frühlingsäquinoctium (Frühlingsnachtgleichenpunkt) I. 224, 292.
Fuchs mit der Gans, Sternbild, I. 273, 278.
Fuhrmann, Sternbild, I. 272, 278, 291, α s. Capella, β I. 310, ε I. 337, ι I. 310, ω I. 394.
Funkeln der Sterne I. 181.
Gebirge der Erde III. 138, 166; Alter der G. III. 60; Anziehung der G. IV. 58.
Gegenschein s. Opposition.
Gemma I. 269.
Geocentrischer Ort II. 196.
Geographische Lage der wichtigsten Punkte der Erdoberfläche s. Erdoberfläche; Bestimmung der geogr. Lage eines Ortes IV. 612, s. Länge und Breite.
Geometrie, Vorbegriffe I. 3.
Georgsharfe, Sternbild, I. 275, 278, 280.
Geradeaufsteigung I. 228, 261—263.
Gesichtsfeld I. 110, II. 252; G. des bloßen Auges s. Sehen.
Gestirne, Sichtbarkeit der, I. 162; Größe der G. veranschaulicht IV. 37; s. Sterne.
Geviertschein s. Quadratur.
Giraffe, Sternbild, I. 273, 278.
Glas, den Alten bekannt, I. 139.
Gleichung I. 252; jährliche G. III. 300, IV. 68.
Globus des Himmels I. 188.
Gluckhenne I. 276.
Gnomon IV. 601; Aufstellung des G. IV. 602; G. mit durchbohrter Scheibe IV. 603.
Grabstichel, Sternbild, I. 273, 279.
Grad I. 5.
Gradmessungen s. Meridianbogen
Gravitation s. v. a. allgemeine Anziehung.
Größenklassen der Fixsterne I. 283.
Gültene Zahl III. 311, IV. 542, 570; Bestimmung des Datums der kirchlichen Feste durch die g. Z. IV. 569.
Gyroskop III. 42.
Hafenzeit IV. 92.
Harmattan IV. 473.
Hase, Sternbild, I. 272, 279.
Hebe IV. 124, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Hebungen des Bodens in historischer Zeit III. 93.
Hedschra IV. 566.
Heiden (Steppen) III. 49.
Heliocentrischer Ort II. 196.
Heliometer II. 53, IV. 639.
Heliotrop III. 291, Anm. 29.
Herbst IV. 454.
Herbstäquinoctium (Herbstnachtgleichenpunkt) I. 224.
Herkules, Sternbild, I. 272, 278, 281, 294, 302, II. 31; α I. 326, 336, 343, 395; β I. 326; η I. 420; z I. 393.
Hestia IV. 145.
Himmel, aus festem Stoff (Ansicht der Alten) I. 207.
Himmelsatlanten I. 266.
Himmelsgegenden I. 185.
Himmelsglobus I. 188.
Himmelsräume, unvollkommene Durchsichtigkeit der I. 333.
Höhe von Orten der Erde III 166; Höhen Afrika's III. 176; Amerika's III. 180; Asien's III. 177; Australien's III. 186; Europa's III. 166; Bestimmung der H. III. 135; graphische Darstellung der höchsten Gipfel III. 138; mittlere H. des gesammten festen Landes über dem

Meeresspiegel III. 187; correspondirende Höhen I. 196.
Höheneinheit eines Hafens IV. 92.
Hohlspiegel I. 67.
Horizont I. 183; Depression des H. IV. 613.
Horizontalparallaxe III. 316.
Horizontalwinkel I. 185.
Hörner des Mondes III. 301, des Merkur II. 445; der Venus II. 458,
Hügel III. 50.
Hund, der große, — Sternbild — I. 272, 279, 291; α s. Sirius; der kleine H. — Sternbild — I. 272, 279, 291; α s. Procyon.
Hyaden I. 276, 278, 291, 293, 295, 430.
Hygiea IV. 127, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Hyperion IV. 375.
Jacobsstab, Constellation von Sternen, I. 276, 291; J., ein Instrument, IV. 606.
Jagdhunde (Chara und Asterion), Sternbild, I. 273, 278; α s. Herz Carls II.
Jahr III. 3, IV. 537; die verschiedenen Sonnenj. IV. 537; tropisches J. I. 234, IV. 537; siderisches J. IV. 537; synodisches J. IV. 538; anomalistisches J. IV. 538; Länge des J. in Sterntagen I. 226; ob das J. in vorhistorischer Zeit aus einer runden Anzahl von Tagen bestanden hat IV. 584; das bewegliche J. IV. 539; das große J. IV. 586; das christliche J. alten und neuen Stils IV. 555; Unterschied zwischen den Daten des julianischen und gregorianischen J. IV. 555; das Zählen der J. vor der christlichen Zeitrechnung IV. 589; das ägyptische J. IV. 538; J. der Chinesen IV. 548; das griechische J. IV. 541; J. der Israeliten IV. 546; J. der Mohammedaner IV. 547; J. der Perser im 11. Jahrhundert IV. 550; das römische J. IV. 543; Anfang des J. IV. 556; Anfang des J. im republikanischen Kalender IV. 559.
Jahrbücher IV. 598.
Jahreszeiten IV. 424; Erklärung IV. 448; können die Kometen den Gang der J. abändern? IV. 501; Aenderungen der J. durch eine veränderte Lage der Erdpole IV. 83; Aenderungen der J. durch Veränderung der Schiefe der Ekliptik veranlaßt IV. 582.
Jahrhundert, Anfang des 19., IV. 590.
Jährliche Gleichung III. 300, IV. 68.
Japetus IV. 375.
Inder, Sternbild, I. 273, 279; ε II. 22.
Indiction IV. 560.
Instrumente, astronomische, I. 86, 220, 226, II. 36, 48, 91, IV. 600; Vortheile der vervollkommneten J. II. 42; Geschichtliches I. 133.
Irene IV. 129; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Iris IV. 125, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Isis IV. 143.
Isochrones Pendel IV. 41.
Isothermen IV. 467, 487.
Julianische Periode IV. 591.
Jungfrau, Sternbild, I. 271, 278, 279, 280, 291; α s. Spica; γ I. 395, 406, 407, 426; ε s. Vindemiatrix; R I. 336.
Juno IV. 122, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Jupiter IV. 263; Aussehn IV. 263; Bewegung II. 201, IV. 263; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 211; Umlaufszeit II. 201, IV. 264; Entfernung II. 201, IV. 118, 265; die übrigen Elemente der Bahn IV. 264; Atmosphäre IV. 271; Dichtigkeit IV. 35; Flecken IV. 267; Gestalt IV. 270; Größe IV. 34, 265; Lichtstärke des J. IV. 279; Vergleichung der Lichtintensitäten der Aequatoreal- und Polargegenden IV. 281; Masse IV. 29, 288; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem J. IV. 265; Monde s. Jupitersmonde; Rotation IV 267; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Streifen IV. 271; die Astronomie für einen Beobachter auf dem J. IV. 620.
Jupitersmonde IV. 282; ihre scheinbaren Bewegungen IV. 282; ihre wirklichen Bewegungen IV. 292; Entdeckung

IV. 284, 639; Farben IV. 307; Flecken IV. 301; Größe IV. 289; Veränderlichkeit der scheinbaren Größen IV. 305; Rotation IV. 301; Schatten der J. auf der Jupitersscheibe IV. 301; Sichtbarkeit der J. mit bloßen Augen IV. 298, I. 166; Verfinsterungen IV. 311; Bestimmung der Länge auf der Erde durch die Beobachtung der Verfinsterungen IV. 295; Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichts durch die Verfinsterungen IV. 321; Vorübergänge der J. vor der Jupitersscheibe IV. 308.
Kalender IV 520, 521, 594; die julianische K.-Verbesserung IV. 543; die gregorianische K.-Verbesserung IV. 551; Einführungszeit des verbesserten K. bei den verschiedenen Völkern IV. 556; der immerwährende K. IV. 574.
Kälte, welche die Verdampfung begleitet, IV. 444; s. Wärme.
Karten, geographische, III. 260.
Katze, Sternbild, I. 279.
Keppler's Gesetze II. 199, IV. 639.
Klima, Klimate IV. 424, 481; strenges K. des nördlichen Amerikas IV. 464; Wirkungen der Meeresströmungen und Meere auf das K. IV. 480; Aenderungen des K. eines Ortes durch Arbeiten der Menschen IV. 496; Aenderungen des K. durch eine veränderte Stellung der Erde zur Sonne IV. 582; ob Umkehrung des K. durch neuere Erdrevolutionen IV. 497; numerische Angaben in Bezug auf die K. IV. 515.
Knoten, aufsteigender und niedersteigender, II. 226, 239; K. des Mondes III. 295; Aenderungen der Länge der K. II. 232.
Knotenlinien IV. 292.
Kohlensack II. 4.
Kometen II. 234; Beschaffenheit und Elemente der K.-Bahn II. 237; directe und retrograde Bewegung II. 240; Verzeichnisse II. 244; Verzeichniß aller berechneten K. II. 267, 418; Verzeichniß der K. mit parabolischen Elementen II. 310; die Mittel, zu bestimmen, ob ein K. schon früher da gewesen sei II. 246; wie die Periodicität zu erkennen ist II. 247; der Halley'sche K. II. 249, 369, IV. 22; Aenderungen des Aussehens des Halley'schen K. II. 326, 346, 383; der Encke'sche K. II. 256, IV. 25; der Gambart'sche oder Biela'sche K. II. 260, 352, 386, IV. 26; der Faye'sche K. II. 266; der Lexell'sche K. (vom Jahre 1770) II. 274, 380, 385, IV. 22; innere K. II. 276; der K. von de Vico II. 277; der K. von Brorsen II. 277; der K. von d'Arrest II. 278; der K. von Peters II. 278; der K. von 1843 II. 283, 390; der K. von 1819 II. 337, 366, 410; Perihelabstände einiger K. II. 290; mit bloßen Augen sichtbare K. II. 296; am hellen Tage sichtbare K. II. 280; Vorherverkündigung von K.-Erscheinungen II. 293; K. von langer Umlaufszeit II. 302; Anzahl der K. im Sonnensystem II. 316; Kern des K. II. 235; Aussehen und physische Beschaffenheit der K.-Kerne II. 332; Aenderungen der Constitution der K.-Kerne II. 338; Größe der K.-Kerne II. 340; Nebel- oder Dunsthülle der K. II. 235, 341; Kopf des K. II. 235; Veränderungen in der Masse des Kopfes der K. II. 343; Trennung der K. in mehrere Theile II. 350, 264; Schweif des K. II. 235; Gestalt und Beschaffenheit der K.-Schweife II. 354; Erklärungen der K.-Schweife II. 359; Rotationsbewegung der K. um die eigne Axe II. 365; ob das Licht der K. selbstleuchtend ist II. 366; gefärbte K. II. 381; Helligkeitsänderungen der K. II. 382; Massen der K. II. 385; Zusammenstoß eines K. mit der Erde II. 386, III. 281; ob jemals K. in die Sonne gestürzt seien II. 389; ob sich K. auf Fixsterne gestürzt haben II. 395; die Erde in einen K.-Schweif gerathend II. 397; ob die trocknen Nebel von 1783 und 1831 von K.-Schweifen herrühren II. 404; die Erde als Mond eines K. II. 411; Bewohnbarkeit der K. II. 416; ob die Sündflut durch einen K. herbeigeführt wurde III. 86; ob der Mond jemals einen Anstoß eines K. erlitten

habe III. 357; Störungen der K.-Bewegungen IV. 22; ob die K. den Gang der Jahreszeiten ändern können IV. 501.
Kornähre s. Spica.
Kräfte I. 35; Parallelogramm der K. I. 36.
Kranich, Sternbild, I. 273, 279.
Krebs, Sternbild, I. 271, 279; Krippe und Esel im K. s. d.; α und β I. 326; ζ I. 392, 395, 406, 407; ν und ε I. 395; R und S I 337.
Kreis I. 4; Gebrauch des K. I. 7, 16; Verhältniß des Durchmessers zum Umfang I. 10; Fläche des K. I. 15; Anwendung großer K. I. 16; deferirender K. II. 215.
Kreuz, das südliche, — Sternbild — I. 279; α I 304; β I. 305.
Krippe im Sternbild des Krebses I. 276; 430.
Krone, die nördliche, — Sternbild — I. 271, 278, 284, 302; α s. Gemma; γ I. 420; ζ I 395; η I. 406, 420; σ I. 406, 420; R I. 334, 336, 342; die südliche K. I. 272, 279.
Kugel I. 26.
Landwinde IV. 468.
Länge, astronomische, I. 239, 263; geographische L. III. 57; Bestimmung der geodätischen L. III. 223, IV. 612; Bestimmung der L. auf der Erde durch Beobachtungen der Jupitersfinsternisse IV. 295.
Lätitia IV. 142.
Leda IV. 141.
Leitungsfähigkeit für die Wärme IV. 427.
Leukothea IV. 140.
Leyer, Sternbild, I. 271, 278, 284, 292, 302; α s. Wega; β I. 335, 336, 343, 395; ε I. 393; ζ I. 395; ϑ I. 396.
Libration des Mondes, die scheinbare, III. 320; die wirkliche L. III. 320; III. 358; Ursache der L. IV. 74.
Licht I. 64; Eigenschaften I. 64; Reflexion I. 65; Brennpunkt I. 66; Brechung I. 70; Gesetz der Brechung II. 71, IV. 639; Weg des L. durch Prismen I. 73; Durchgang des L. durch eine Linse I. 78; chromatische Abweichung des L. I. 91; Zerstreuung oder Dispersion des L. I. 91; Doppelbrechung I. 105, II. 87; Stärke des L. in verschiedenen Entfernungen II 447; ein leuchtender Gegenstand von merklichem Durchmesser behält denselben Glanz in allen Entfernungen I. 117; Vergleichung des L. der Sterne mit dem der Sonne II. 140; Vergleichung zweier Lichter I. 168; wie stark muß ein L. sein, um ein anderes zu verdunkeln I. 168; absolute Helligkeit des L. I. 169; gleichförmiger Glanz einer Fläche von beträchtlicher Größe I 170; Messung der L.-Stärke der Sterne I. 311; Geschwindigkeit der L.-Strahlen verschiedener Farbe I 350; Geschwindigkeit des L. IV. 310; Einfluß des L. auf die beobachteten Umlaufszeiten der Jupitersmonde IV. 316; populäres Beispiel, die Bestimmung der Geschwindigkeit des L. aus den Jupitersfinsternissen zu versinnlichen IV. 318; Bestimmung der Geschwindigkeit des L. durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde IV. 321; Messung der Geschwindigkeit des L. durch Beobachtungen in geringen Abständen auf der Erde IV. 337; Bestimmung der Geschwindigkeit des L. durch Beobachtungen der Phasen des Algol und der veränderlichen Sterne überhaupt I. 352, IV. 343; Gleichheit der Geschwindigkeit des von verschiedenen Körpern ausgehenden L. IV. 333; Geschichtliches über die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des L. IV. 323, 640; ob das L. erwärmt und chemische Wirkungen erzeugt III. 368.
Lichtadern der Sonne II. 83, 95.
Lineal, Sternbild, I. 275, 279.
Linie I. 3; Arten der L. I. 3.
Linsen (Vergrößerungsgläser) I. 77; verschiedene Arten von L. I. 83; achromatische L. I. 95; Vorkommen der L. bei den Alten I. 141.
Lochleine, Sternbild, I. 276, 279.
Loupen I. 87.
Löwe, Sternbild, I. 271, 279, 280, 291; α s. Regulus; β s. Denebola; γ I. 395, 406; R I. 336; der kleine L., Sternbild, I. 273, 278.

Lorodrome III. 264.
Luchs, Sternbild, I. 274, 278: Nr. 12. I. 392.
Luft, Erwärmung der, IV. 444; s. Atmosphäre.
Luftballon, Sternbild, I. 276, 280.
Luftpumpe, Sternbild, I. 274, 279.
Lunation III. 295.
Lustrum IV. 560.
Lutetia IV. 133, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Magellan's Wolken I. 468.
Maja I. 429.
Malerstaffelei, Sternbild, I. 275, 279.
Mänalus, Berg, — Sternbild — I. 274, 278.
Markab I. 279, 290.
Mars IV. 100; Aussehen IV. 100; Stellung zur Sonne IV. 100; scheinbare Bewegung IV. 100; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 210; Umlaufszeit IV. 102, II. 201; tägliche Bewegung II. 201; Entfernung II. 201, IV. 102, 118; die übrigen Elemente IV. 102; Größe IV. 103, IV. 34; Lichtgestalten IV. 104; Flecken IV. 105; Rotation IV. 105; Abplattung IV. 108; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem M. IV. 102; Jahreszeiten IV. 109; Farbe IV. 42; Atmosphäre IV. 113.
Massalia IV. 132, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Masse der Sonne s. Sonne.
Massen, herabgefallene staubartige, IV. 174.
Materie, Verdichtung derselben beim Uebergang in Sterne I. 450.
Mauerkreis I. 221, IV. 69.
Mauerquadrant, Sternbild, I. 276, 278.
Mechanik I. 35.
Meduſenhaupt, Constellation von Sternen, I. 276, 278, 290.
Meer, Tiefe des, III. 90; mittlere Temperatur des M. in verschiedenen Breiten IV. 459.
Megrez I. 289.
Melpomene IV. 131, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Merak I 289.
Meridian I. 194, 214, III. 9, 57; Bestimmung des M. I. 194; Bestimmung durch correspondirende Höhen I. 196; genaue Bestimmung durch die Bewegung der Sterne I. 201.
Meridianbogen, Princip der Messung eines, III. 10; Bestimmung der Größe der M. III. 243, IV. 639.
Meridianebene I. 195, 214.
Meridianfernrohr I 226; IV. 639
Meridiankreis s. Mauerkreis.
Merkur II. 430; Phasen II. 430; Bewegung um die Sonne II 430, 201; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II 208; Umlaufszeit II. 201, 433; Entfernung II. 201, 441, IV. 118, 441; Größe II. 441, IV. 34; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem M. II 446; Rotation II. 445: physische Constitution II. 442; Kenntniß der Alten vom M. II. 435; die Astronomie für einen Beobachter auf dem M. IV. 618.
Merope I. 429.
Meteore, kosmische, IV. 153; Historisches über die Erklärung der M. IV. 256; herabgefallene staubartige Massen IV. 174.
Meteorsteine IV. 153, 154; Niederfälle von M. IV. 155; Ursprung der M. IV. 180; Unfälle durch M. veranlaßt IV. 186.
Metis IV. 126, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Metrisches System IV. 60.
Mikrometer I. 111, Gebrauch II. 48; M. v. Bergkrystall II. 85, IV. 639; Faden-M. I. 111, II. 51, IV. 639; neues Faden-M. II. 65; Platten-M. IV. 639; Lampen-M. II. 63; M. mit leuchtenden Bildern II. 67; Objectiv-M. II. 67; Perlmutter-M. II. 68; Positions-M. II. 62; Prismen-M. II. 58; Projections-M. II. 60; M. von Ramsden II. 57.
Mikroskop I. 115; einfaches (Louven) I. 87; M., Sternbild, I. 275, 279.

Milchstraße II. 3; Anblick und Lage II. 3; Ansichten der Alten II. 5; Erklärung der Neuzeit II. 7; Aichung der M. II. 10; ob die Gestalt der M. Veränderungen unterworfen ist II. 15; M. höherer Ordnung II. 17; Entfernung der M. von der Erde II. 17.
Mimas IV. 375.
Minute I. 5, 6.
Mittag, der mittlere und wahre, I. 248.
Mittagsfernrohr I. 226, IV. 639.
Mittagslinie III. 59.
Mizar I. 290, 396.
Monate IV. 529; Namen der M. in Bezug auf den Mond III. 308; das Merken der M. von 30 und 31 Tagen IV. 591; die M. der Aegypter IV. 530; Griechen IV. 531; Römer IV. 532; im republikanischen Kalender IV. 536.
Mond (der Erde) III. 293; Bewegung des M. III. 293, 322; Elemente der Bewegung III. 322; Störungen in der Bewegung III. 299, 321; Ursache der Störungen in der Bewegung IV. 66; Störungen der Bewegung durch die Abplattung der Erde IV. 69; Seculargleichung der Bewegung IV. 72, 86; die verschiedenen Umlaufszeiten III. 322; Dauer der Umlaufszeit des M. III. 298; Phasen s. Mondphasen: Alter des M. III. 307; Wiedererscheinen des M nach dem Neumond III. 312; Entfernung des M. von der Erde III. 312. 322; Parallaxe III. 313; Größe III. 322; IV 34; Rotation III. 318; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Libration s. d.; Berge des M. III. 323; Bestimmung der Höhe der Berge III. 326; Gruithuisen's Festungswerke auf dem M. III. 335; Aussehen der Randgegenden der M.-Scheibe III. 335; Veränderungen in der M.-Welt III. 336; Ausschnitte in Wallgebirgen und piciförmige Gipfel III. 337; Erfolge der Anwendung der stärksten Vergrößerungen in Bezug auf den M. III. 337; ob Wasser auf dem M. vorhanden III. 340; ob der M. von einer Atmosphäre umgeben ist III. 341; Karte der M.-Oberfläche III. 347; ob der M. jemals einen Anstoß eines Kometen erlitten habe III. 357; ob der M. jemals ein Komet gewesen sei III. 359; Natur und Helligkeit des M.-Lichtes III. 360; Polarisation des M.-Lichtes III. 366; ob das M.-Licht erwärmt und chemische Wirkungen erzeugt III. 368, IV. 635; Erklärung des aschfarbnen M.-Lichts III. 372; Helligkeit und Farbe des aschfarbnen M.-Lichts III. 375; physische Beschaffenheit der von der Erde aus unsichtbaren M.-Hälfte III. 383; Tag und Nacht auf dem M. III. 385; thätige Vulkane auf dem M. III. 386; Einfluß des M. auf die Wolken unserer Atmosphäre III. 396; Einwirkung des M. auf lebende Wesen III. 398; Einfluß des M. auf die Regentage III. 204; Einfluß des M. auf die Erdatmosphäre III. 406; Einfluß des M. auf die Windrichtung III. 409; Finsternisse des M. s. Finsternisse und Mondfinsternisse; die astronomischen Erscheinungen für einen Beobachter auf dem M. IV. 624.
Mondalter III. 307.
Monde des Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun s. d.
Mondfinsternisse III. 432; die Rolle der Erdatmosphäre bei den M. III. 453; s. Finsternisse.
Mondkarte III. 347.
Mondparallaxe III. 313.
Mondphasen III. 301, 412; Einfluß der M. auf Aenderungen des Wetters III. 412.
Mondzeiger IV. 570.
Morgenstern II. 451.
Mousson IV. 470.
Nächte, Dauer der, IV. 481; s. Tag.
Nachtgleichenpunkte I. 224, 243, II. 205; Zurückweichen der N. I. 226, II. 206.
Nadir I. 184.
Nautische Astronomie IV. 613.
Nebelflecke I. 428; Natur der N. I. 432; Geschichtliches I. 434; N. in der Andromeda und im Orion I. 434, 452. auflösliche N. I. 436; kreis- oder kugelförmige N. I. 436; Anzahl der Sterne in gewissen kugelförmigen N. I. 438; ringförmige und spiralförmige

N. I. 439; Verbreitung der N. I. 440; Zuſammenhang der N. mit den umliegenden Räumen I. 441; die ſternärmſten Gegenden befinden ſich neben den reichſten N. I. 441; Geſtalt der großen ſchimmernden N. I. 443; Licht der N. I. 444; Vertheilung und Aenderungen des Lichtes in den N. I. 446; Umwandlung der N. in Sterne I. 448; Vergleichung des Lichtes der N. und des condenſirten Fixſternlichtes I. 451; Veränderungen einiger N. I. 452; planetariſche N. I. 453; Zuſammenhang zwiſchen N. und Doppelſternen I. 467.
Nebelſterne I. 455.
Nebenplaneten ſ. v. a. Monde.
Neigung der Ebene einer Bahn II. 228, 239; Aenderung der N. II. 232.
Nemauſa, Aſteroïd IV. 645.
Neptun IV. 408; Ausſehen IV 408; Bewegung II. 201; IV. 408; Umlaufszeit II. 201; IV. 408; Entfernung II. 201; IV. 118, 408; die übrigen Elemente IV. 408; Größe IV. 409; IV. 34; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem N. IV. 409; Maſſe IV. 29, 409; Dichtigkeit IV. 35, 409; Schwere auf der Oberfläche IV. 36, 409; Geſchichte der Entdeckung IV. 410; ältere Beobachtungen des N. IV. 423.
Netz, rhomboidiſches, — Sternbild — I. 274, 279.
Nonius I. 193.
Nord I. 185; aſtron. I. 196.
Nordpol des Himmels I. 198, 213.
Normale III. 8.
Nüchthemeron I. 229.
Nutation der Erdaxe IV. 79, 640.
Nyſa IV. 144.
Oaſe III. 48.
Oberfläche der Erde ſ. Erdoberfläche.
Objectiv, Objectivglas I. 88, 418.
Obſervatorium IV. 631.
Octant, Mondphaſe, III. 295; O., Inſtrument, IV. 609; O., Sternbild, I. 275, 279.
Ocular, Ocularglas, Ocularlinſe I. 88, 418; Vergrößerung des O. I. 98.
Ofen, chemiſcher, — Sternbild — I. 274, 280.
Olympiade IV. 560.
Ophiuchus, Sternbild, I. 272, 278, 280; o I. 395; τ I. 407, 420.
Oppoſition II. 191; IV. 101, 263, 348; O. des Mondes III. 294.
Optik I. 64.
Orientirung der Objecte I. 196.
Orion, Sternbild, I. 272, 278, 280, 291, 292, 293, 295; Gürtel des O. ſ. Jacobsſtab; Nebelfleck im O. I. 434, 452, 456; α ſ. Betelgeuze; β ſ. Riegel; γ ſ. Bellatrix; δ I. 394; ε I. 313; ζ I. 395, 407; ϑ I. 393; π I. 313.
Oſt I. 185, aſtron. I. 196.
Oſterfeſt, Beſtimmung des, IV. 566.
Pales IV. 146.
Pallas IV. 121, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Pampas III. 49.
Parabel I. 32; II. 240, 289.
Paradiesvogel, Sternbild, I. 273, 279.
Parallatiſch II. 36, 37.
Parallaxe, der Sonne ſ. Sonnenparallaxe; jährliche P. der Fixſterne I. 386; Geſchichtliches I. 374.
Parallelkreiſe (Parallele) am Himmelsglobus I. 198, 258; P. am Erdglobus III. 58.
Parallellinien I. 22.
Parallelogramm der Kräfte I. 36.
Parthenope IV. 127, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Partiale Finſterniß III. 430.
Paß III. 51.
Paſſageninſtrument ſ. Mittagsfernrohr.
Paſſatwinde IV. 471.
Pegaſus, Sternbild, I. 272, 278, 290; α ſ. Markab; β ſ. Scheat; μ I. 309, 314; q I. 310; R I. 337.
Pendel I. 51; iſochrones P. IV. 41, ſynchrones P. IV. 43; P. auf Uhren angewandt I. 54; IV. 639; Beſtimmung der Schwere auf der Oberfläche der Erde durch das P. IV. 40; Länge des Secunden-P. an verſchiedenen Orten IV. 54.
Perigäum, der Sonne, I. 235, 237; P. des Mondes III. 297; Bewegung des P. um die Sonne I. 250; IV. 639.
Perihel II. 204, 227, 237; Aenderun-

gen der Länge des P. I. 250; II. 232; IV. 639.
Perihelditanz II. 237.
Perijovien IV. 292.
Periodiſche Umlaufszeit ſ. v. a. tropiſche U.
Periodiſche Ungleichheiten IV. 17.
Perſeus, Sternbild, I. 272, 278, 290; α ſ. Algenib; β ſ. Algol; ε I. 394; η I. 394; e I. 310; ω I. 394.
Perſpectiv IV. 638.
Perturbationen IV. 21.
Pfau, Sternbild, I. 273, 279.
Pfeil mit Bogen, Sternbild, I. 272, 278.
Pferd, das kleine, — Sternbild — I. 272, 278, 293.
Phaſen des Mondes III. 301, 412; P. der untern Planeten II. 192; P. des Merkur II. 430; P. der Venus II. 456.
Phegda I. 289, 309.
Phocäa IV. 134, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Phönix, Sternbild, I. 273, 279.
Photometer I. 311, 312, 321.
Photoſphäre der Sonne II. 84, 289.
Planet II. 182; die kleinen P. zwiſchen Mars und Jupiter ſ. Aſteroiden; obere, untere P. II. 183, IV. 100; äußere, innere P. II. 183; Entdeckung der P. II. 185; Bewegung der P. II. 182; ſcheinbare Bewegung der P. von der Erde aus geſehen II. 188; ſcheinbare Bewegung der P. bezogen auf die ſcheinbare Bewegung der Sonne II. 191: wahre Bewegung II. 195; Störungen in den Bewegungen IV. 16; die Stillſtände und Rückläufe II. 208; die mittlere tägliche Bewegung II. 201; Umlaufszeiten II. 201; Entfernungen II. 201; Geſetz der Entfernungen von Titius IV. 118; die Bahnen der P. II. 226; IV. 19; Zuſammenſtellung der Elemente der Bahnen der P. II. 201, 229; Maſſen der P. IV. 28; Dichtigkeiten der P. IV. 34; Schwere auf der Oberfläche der P. IV. 36; Zeit, innerhalb welcher die P. bei aufgehobener Tangentialkraft in die Sonne ſtürzen würden III. 272.
Planetenſyſtem einiger Vorgänger des Ptolemäus II. 218; P. des Ptolemäus II 219; P. des Kopernikus II. 219, IV. 639; des Tycho Brahe II. 224; P. nach den gegenwärtigen Kenntniſſen II. 225
Planetoid ſ. Aſteroid.
Plejaden I. 166, 276, 278, 291, 293, 294, 295, 429, II. 26; η ſ. Alcyone.
Plejone I. 429.
Pol des Himmels I. 198, 213; unveränderliche Lage der Erdpole IV. 83.
Polariſation des Lichtes II. 90.
Polariſkop II. 91.
Polarkreiſe IV. 483.
Polarſtern I. 269, 289, 309, 373, II. 22, 23.
Polhöhe I. 204.
Pollux I. 268, 291, 305, 313, 398.
Polyhymnia IV. 139, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Pomona IV. 138, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Poſitionswinkel I. 404, II. 62.
Präceſſion (der Nachtgleichen) I. 206, 226, 281, IV. 76, 639.
Präſepe ſ. Krippe.
Priſma I, 74; Weg des Lichtes durch P. I. 74; achromatiſches P. I. 94.
Problem der drei Körper IV. 17.
Procyon I. 268, 291, 304, 310, 313, II. 23.
Projection III. 261.
Proeminenzen ſ. Protuberanzen.
Proſerpina IV. 135; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Protuberanzen III. 487.
Pſyche IV. 130, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Quadrant, der engliſche, IV. 607.
Quadratur II. 191, 232, IV. 101, 263, 348; Q. des Mondes III. 295.
Rabe, Sternbild, I. 272, 279.
Räder, gezähnte, I. 44.
Radiusvector II. 199.
Rechtläufig ſ. Direct.
Rectaſcenſion I. 228, 261, 263.
Reflexion des Lichtes I. 65.
Reflexionsinſtrumente IV. 607.

Reflexionskreis IV. 611, 639.
Reflexionssextant IV. 639.
Reflexionsteleskop IV. 639.
Reflexionswinkel I. 65.
Reflector s. Spiegelteleskop.
Refraction, astronomische, III. 150.
Refractor s. Fernrohr.
Regulus I. 268, 291, 292, 305, 313, 395.
Rennthier, Sternbild. I. 275, 278.
Repetitionskreis III. 200, IV. 612, 639.
Retrograde Bewegung II. 189, 208, 240, IV. 101.
Rhea IV. 375.
Rigel I. 268, 304, 313, 394.
Rillen des Mondes III. 333.
Ringförmige Finsterniß III. 431.
Römerzinszahl IV. 560.
Rotation der Erde s. Erde.
Rückläufig s. retrograd.
Säculum s. Seculum.
Saidak s. Alkor.
Samum IV. 477.
Saros, Periode von, III. 450.
Satellit s. v. a. Begleiter oder Mond.
Saturn IV. 347; Aussehen IV. 348; Bewegung um die Sonne IV. 348, II. 201; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 211; Umlaufszeit II. 201, IV. 349; Entfernung II. 201, IV. 118, 349; die übrigen Elemente IV. 349; Größe IV. 350, 34; Masse IV. 29, 350; Dichtigkeit IV. 35, 350; Schwere auf der Oberfläche IV. 36, 350; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem S. IV. 350; Streifen und Atmosphäre IV. 366: Rotation, Gestalt und Abplattung IV. 368; Ringe IV. 351; Entdeckung der Ringe IV 356; Entstehung der Ringe IV. 380; Rotation der Ringe IV. 375; Monde des S. IV. 371, I. 165; Entdeckung der Monde IV. 372; die Astronomie für einen Beobachter auf dem S. IV. 623.
Savannen III. 49.
Scepter, das brandenburgische, — Sternbild — I. 276, 280.
Scheat (Sheat) I. 269, 337.
Schiefe der Ekliptik I. 223; Aenderung der S. I. 223, IV. 583.
Schiff (Argo), Sternbild, I. 272, 279; α s. Canopus; η: I. 304, 335, 345, 440; Nr. 2151: II. 22.
Schild des Sobiesky, Sternbild, I. 274, 280; R: I. 336.
Schlange, Sternbild, I. 272, 278, 280; α I. 395; δ I. 395; R I. 336; S I. 337; die südliche S., Sternbild, I. 273, 279.
Schlangenträger s. Ophiuchus.
Schneegrenze IV. 495.
Schwan, Sternbild, I. 272, 278, 292, 294; α s. Deneb; γ I. 313; ζ I. 313; χ I. 334, 336, 396; ψ I. 396; Nr. 61: I. 373, 396, 406, 411; II. 22, 23.
Schwere auf der Erdoberfläche IV. 39; am Erdäquator IV. 640; an verschiedenen Orten der Erde IV. 57; auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten IV. 36.
Schwertfisch, Sternbild, I. 279.
Schütze, Sternbild, I. 271, 279, 280, 295; α und γ I. 326; ζ I. 329.
Secularänderungen der Elemente II. 231.
Secularstörungen IV. 17.
Seculum IV. 561.
Secunde I. 5, 6.
Secundenpendel, Länge desselben an verschiedenen Orten der Erde IV. 34.
Sedimentäre Gesteine III. 61.
Seecompaß s. Bouffole.
Seewinde IV. 468.
Sehen, das, I. 95; Dauer der Empfindung des Sehens I. 119; Beobachtung schwacher Gegenstände I. 120; Feld des natürlichen S. I. 122, I. 177; Empfindlichkeit des Auges beim S. der Sterne I. 165.
Selenographie III. 348.
Semum IV. 477.
Sextant, Instrument, IV. 610; S., Sternbild, I. 273, 279, 280.
Siderische Umlaufszeit II. 200.
Sirius I. 269, 291, 293, 304, 310. 313, 321, 373, 398, II. 22, 23.
Sirocco IV. 478.
Skorpion, Sternbild, I. 271, 280, 293, 295, 323; β I. 395; ξ I. 392.
Solano IV. 478.
Solstitien I. 224, 243, II. 206.
Sommer IV. 454.
Sommersolstitien I. 204, 224.

Sonne II. 46; Messung der S.-scheibe II. 48; zweifache scheinbare Bewegung der S. I. 217; scheinbare eigne (jährliche) Bewegung der S. I. 218, 220, 243; eigne Winkelbewegung der S. I. 234, 247; Geschwindigkeit der S. bei ihrer scheinbaren eignen Bewegung I. 235; die S. läuft scheinbar in einer Ellipse um die Erde I. 235; Kugelgestalt der S. II. 76; Entfernung der S. von der Erde s. Erde; Rotation der S. II. 79; Geschichtliches über die Rotation II. 101, IV. 639; wirkliche eigene Bewegung der S. s. Sonnensystem; Parallaxe der S. III. 281; die zur Bestimmung der S.-Parallaxe geeigneten Venusdurchgänge III. 276; Parallaxe der S. aus den Ungleichheiten der Mondbewegung hergeleitet IV. 71; Größe der S. IV. 34; Masse IV. 29; Bestimmung der Masse IV. 14; Dichtigkeit IV. 33; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Aequator der S. II. 81; Neigung des Aequators gegen die Ebene der Ekliptik II. 104; Zunahme der Länge des aufsteigenden Knotens des Aequators II. 165; Schnelligkeit der Veränderungen auf der S.-Oberfläche II. 113; die Photosphäre der S. II. 84, 289; Lichtadern oder Narben der S. II. 83, 121; Theorie der physischen Beschaffenheit der S. II. 84; Geschichtliches über diese Theorie II. 127; Intensität des atmosphärischen Lichtes in der Nähe der S. II. 151; absolute Intensität des S.-Lichtes, verglichen mit irdischen Lichtquellen II. 152; Vergleichung des Lichtes der Sterne mit dem Lichte der S. I. 321, II. 140; Vergleichung der Lichtintensität an verschiedenen Punkten der S.-Scheibe II. 147; Temperaturen der verschiedenen Punkte auf der S.-Scheibe II. 153; ob die S. bewohnt sei II. 160; die Astronomie für einen in der S. befindlichen Beobachter IV. 616; die mittlere und wahre S. I. 246.
Sonnencyclus IV. 578.
Sonnenfackeln II. 78, 120; Erklärung der S. II. 95.
Sonnenferne s. Aphel.
Sonnenfinsterniß III. 430; die Dunkelheit während der totalen S. III. 458; Färbung der Gegenstände der Erdoberfläche bei einer S. III. 460; Einfluß des plötzlichen Ueberganges von Tag in Nacht bei S. auf Menschen und Thiere III. 463; die den Mond umgebende leuchtende Corona bei totalen S. III. 470; Protuberanzen III. 487; s. Finsternisse.
Sonnenflecken II. 76; Geschichtliches II. 96, IV. 639; besondere Eigenthümlichkeiten der S. II. 81; Prüfung der von den S. gegebenen Theorie mittelst der Polarisationserscheinungen II. 87; Beobachtung der S. II. 109; Anzahl, Größe und Gestaltsveränderungen der S. II. 104; Kern der S. II. 114; Farbe der Kerne der S. II. 135; Hof oder Halbschatten der S. II. 82, 116; Gegend, in welcher die S. auftreten II. 100, 123; Erklärung der S. II. 124; Einfluß der S. auf die Temperatur an der Erdoberfläche II. 154; Zusammenhang der S. mit den Schwankungen der Magnetnadel II. 159.
Sonnenjahre, die verschiedenen, IV. 537.
Sonnennähe s. Perihel.
Sonnenstrahlen, reflectirte, IV. 437; absorbirte und durchgelassene S. IV. 438; Erwärmung durch die S. IV. 435; Zusammensetzung und chemische Wirkung der S. IV. 436.
Sonnensystem II. 46; Beziehung zwischen der eignen Bewegung des S. und den Bewegungen der Fixsterne II. 26; Historisches über die Translationsbewegung des S. II. 28; Richtung der Translationsbewegung II. 30.
Sonnentafeln I. 246.
Sonnentag I. 232; ungleiche Länge der S. I. 244.
Sonnenuhren I. 39, IV. 605; Aufstellung der S. IV. 605.
Sonnenwendepuncte I. 221.
Sonntagsbuchstabe IV. 573; Berechnung des S. IV. 578.
Sothisperiode IV. 541.
Spiegeltelescop I. 123; S. von Newton I. 124, IV. 639; S. von Gregory I.

125, IV. 639; S. von Roſſe I. 139; Geſchichtliches I. 133; Beſtimmung der Güte der S. I. 418, IV. 405.
Spiralfedern, iſochroniſche, IV. 639.
Stationär ſ. Stillſtand.
Steinbock, Sternbild, I. 271, 280, 295; α und δ I. 326.
Steppen III. 48.
Sterne (Fixſterne) I. 162; Wirkungen der Fernröhre auf die Sichtbarkeit der St. I. 163; Empfindlichkeit des Auges beim Sehen der St. I. 165; Helligkeit der teleſkopiſchen Bilder der St. I. 171; Erſcheinungen, welche ſich auf die Sichtbarkeit der St. bei Tag und Nacht beziehen I. 173; Sichtbarkeit der St. in Brunnen I. 176; Sichtbarkeit der St. bei Tage I. 278; Funkeln der St. I. 181; die St. durchlaufen die Parallelkreiſe mit gleichförmiger Geſchwindigkeit I. 199; Bezeichnung der St. I. 268; Vertheilung der in den ältern Verzeichniſſen enthaltenen St. in die verſchiedenen Größenklaſſen I. 283; Eintheilung der St. in Klaſſen, je nach dem Grade ihrer Helligkeit I. 304; Anzahl der mit bloßen Augen ſichtbaren St. I. 306; Anzahl aller St., die wahrgenommen werden können I. 306; Helligkeitsverhältniſſe der St. verſchiedener Größe I. 308; Entfernung der ſchwächſten St. I. 314; ſcheinbare Durchmeſſer der St. I. 316; wirkliche Durchmeſſer der St. I. 320; Beſtimmung der Durchmeſſer der St. mittelſt der Bedeckungen III. 445; ob das Licht der St. veränderlich ſei I. 322; Vertheilung der St. am Himmel I. 330; ob die Anzahl der St. unbegrenzt ſei und ob das Licht durch ein zwiſchen den St. und der Erde befindliches Mittel geſchwächt werde I. 331; St. von abnehmender Helligkeit I. 326; St. von zunehmender Helligkeit I. 329; verſchwundene St. I. 327; veränderliche (periodiſche) St. 334; wer zuerſt die veränderlichen St. erwähnt hat I. 337; genauere Nachrichten über einige veränderliche St. I. 338; Erklärung der Helligkeitsänderungen bei den veränderlichen St. I. 347; Wichtigkeit der Beobachtung der veränderlichen St. I. 349; neue St. I. 333; die neuen St. von 1572, 1604, 1670 und 1848: I. 354—357; Erklärungen der neuen St. I. 358; mehrfache St. I. 389; Geſchichtliches über die mehrfachen St. I. 422; Doppelſt. ſ. d.; dreifache St. I. 392; vierfache St. I. 393; vielfache St. I. 393; Erklärung der Färbung der vielfachen St. I. 396, 399; ob die Färbungen der vielfachen St. unveränderlich ſind I. 401; Wahrſcheinlichkeitsrechnung in Betreff der vielfachen St. I. 420; Entdeckung der blauen St. I. 398, 437; die Maſſen der St. I. 409; Verdichtung der diffuſen Materie in St. I. 450; eigne Bewegung der St. II. 22; Geſchichtliches über die eigne Bewegung der St. II. 24; Mittelpunct, um welchen ſich die St. bewegen II. 25.
Sternbilder I. 267; Anzahl der St. I. 270; äußere Umriſſe der St. I. 277; St. des Thierkreiſes I. 280; Anzahl der in den alten St. enthaltenen St. I. 283; Hülfsmittel, die St. kennen zu lernen I. 287; Zeit, zu welcher die St. eingeführt wurden I. 292; Verſuche, neue St. ſtatt der alten einzuführen I. 296.
Sternbaufen I. 429.
Sternkarten I. 266, 285.
Sternſchnuppen IV. 153, 231; St.-Erſcheinungen in den einzelnen Monaten IV. 236.
Sterntag I. 216, 232.
Sternuhr I. 260.
Sternverzeichniſſe I. 263; Aufſtellung eines St. I. 257.
Sternwarten IV. 631.
Sternzeit I. 260.
Stier, Sternbild, I. 271, 278, 280, 284, 291, 295, 302; α ſ. Aldebaran; η ſ. Alcyone; Hyaden ſ. d.; Plejaden ſ. d.; β I. 291, 310; ζ I. 310; φ I. 394.
Stier des Poniatowsky, Sternbild, I. 275, 278.
Stillſtand in der ſcheinbaren Bewegung eines Planeten II. 208, 212; IV. 101.

Störungen der Mondbewegung III. 299, 321; IV. 66—74; IV. 86; St. der Planetenbewegungen IV. 16: St. in den Kometenbewegungen IV. 22; ſeculare St. IV. 17.
Stoßwerk ſ. Echappement.
Strahlungsvermögen der Körper IV. 430.
Stunden, Zählen derſelben bei den verſchiedenen Völkern I. 230.
Stundenkreiſe I. 215, 258.
Sucher I. 126.
Süd I. 185; aſtron. I. 196.
Südpol des Himmels I. 198, 213.
Suha ſ. Alkor.
Synchrones Pendel IV. 43.
Synodiſcher Umlauf III. 294.
Syzygien III. 294.
Tafelberg, Sternbild, I. 275, 279.
Tag I. 228; Anfang des T. zu verſchiedenen Zeiten und bei verſchiedenen Völkern I. 231; Länge des T. I. 240; Unveränderlichkeit der Dauer des T. IV. 84; Länge der Tage und Nächte, abhängig von der Declination der Sonne I. 240; Dauer der Tage und Nächte an verſchiedenen Orten der Erde und zu verſchiedenen Zeiten IV. 481.
Tägliche Bewegung I. 186, 213; Meinung der Alten über dieſelbe I. 206.
Talita I. 289, 373; II. 22, 23.
Tania I. 289.
Taube, Sternbild, I. 274, 279.
Taygeta I. 429.
Teleſkop ſ. Fernrohr und Spiegelteleſkop.
Temperatur IV. 425; bewegliches T.-gleichgewicht IV. 429; mittlere T. IV. 446; die periodiſchen T.-Erniedrigungen im Februar und Mai IV. 456; conſtanter Werth der mittlern T. für alle Punkte eines beſtimmten Horizontes des Feſtlandes IV. 458; Unterſchiede zwiſchen den mittlern T. in Städten und auf freiem Felde IV. 458; mittlere T. des Meeres in verſchiedenen Breiten IV. 459; Unterſchiede zwiſchen den mittlern T. der nördlich und ſüdlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte IV. 461; Erklärung dieſes Unterſchiedes IV. 463; Erklärung der T.-Unterſchiede zwiſchen den Oſt- und Weſtküſten der beiden Continente IV. 464; wird in Zukunft das ganze Jahr hindurch gleiche T. herrſchen? IV. 581.
Thal III. 51.
Thalia IV. 134; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Themis IV. 135; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Theodolit I. 192; I. 211, Anm. 1.
Thermometer IV. 425; IV. 638.
Thetis IV. 131; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Thetys IV. 375.
Thierkreis I. 280; II. 184; Zeichen des T. I. 282.
Thierkreislicht II. 170; Geſchichtliches II. 172; Erklärung des T. II. 174; Farben des T. II. 177.
Titan IV. 375.
Titius' Geſetz IV. 117.
Totale Finſterniß III. 430.
Trabant ſo v. a. Mond.
Tropen IV. 454.
Tropici IV. 483.
Tropiſcher Umlauf I. 234; III. 322; IV. 537.
Uhr, Sternbild, I. 274, 279.
Uhren I. 39—63; Gewichte der U. I. 47; nach mittlerer Zeit gehende U. I. 253.
Uhrzeiten, Vergleichung der, III. 242.
Umdrehung (Rotation) der Erde ſ. Erde.
Umlauf, Umlaufszeit ſ. ſideriſch, tropiſch, ſynodiſch, anomaliſtiſch.
Untergangspunkt I. 185.
Urania IV. 137; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Uranographiſche Miscellen IV. 615.
Uranus IV. 385; Ausſehen des U. IV. 385; Bewegung um die Sonne IV. 385, II. 201; Umlaufszeit II. 201, IV. 386; Entfernung II. 201, IV. 118, 386; die übrigen Elemente IV. 386; Maſſe IV. 29, 386; Dichtigkeit IV. 35, 386; Schwere auf der Oberfläche IV. 36, 386; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem U. IV. 386; Größe IV. 395,

34; Gestalt und Umdrehung IV. 397; Geschichte der Entdeckung IV. 386; ältere Beobachtungen des U. IV. 393; Monde des U. IV. 398.
Variation III. 300; IV. 68.
Venus II. 448; Aussehen der V. II. 448; Bewegung II. 448, 201; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 208; Umlaufszeit II. 201, 450; Entfernung II. 201, 450, 453; IV. 118; die übrigen Elemente II. 450; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf der V. II. 470; Kenntniß der Alten von der V. II. 450; Durchgänge der V. von der Sonnenscheibe II. 452; Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne mittelst dieser Durchgänge III. 272; die zu dieser Bestimmung geeigneten Durchgänge III. 276; Größe der V. II. 453; IV. 34; Phasen II. 456; IV. 639; Rotation II. 458; Flecken II. 459; Berge II. 462; Atmosphäre II. 464; Sichtbarkeit der V. bei Tage II. 468; das secundäre Licht der V. II. 470; Mond der V. II. 472.
Vergrößerung I. 102—109, 130, 418; V.-gläser bei den Alten I. 141.
Vernier I. 193; IV. 638.
Verticale I. 184.
Vesta IV. 123; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Victoria IV. 128; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Vindemiatrix I. 269.
Virginia IV. 147.
Vulkane III. 108; gegenwärtig thätige V. III. 108; V. auf den Inseln um Afrika III. 114; V. Amerika's III. 119; V. Asien's III. 116; V. Australien's III. 127; V. Europa's III. 110.
Waage, Sternbild, I. 271, 278, 280, 293, 295; β I. 329.
Wächter I. 289.
Wagen I. 271.
Walfisch, Sternbild, I. 272, 278, 280; α und β I. 326; o I. 334, 336, 338.
Wärme IV. 426; Mittheilung der W. durch Berührung IV. 427; Mittheilung der W. durch Ausstrahlung IV. 428; Erkaltung der Körper durch Ausstrahlung ihrer W. IV. 430; Strahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper IV. 430; Eigenschaften der W.-Strahlen, welche den aus irdischen Quellen stammenden Lichtstrahlen beigemegt sind IV. 439; W.-Capacität des Wassers IV. 441; specifische, freie und latente W. des Eises, flüssigen Wassers und Wasserdampfes IV. 443; Erwärmung der Luft IV. 444; die Sonne sendet beiden Halbkugeln der Erde gleiche W.-Mengen zu IV. 461; s. Sonnenstrahlen.
Wasser und Wasserdampf in Bezug auf Wärmeerscheinungen s. Wärme.
Wassermann, Sternbild, I. 271, 278, 280, 295; R I. 336.
Wasserschlange (weibliche), Sternbild, I. 272, 279; α I. 337; Nr. 30: I. 334, 336; die männliche W., Sternbild, s. südliche Schlange.
Wasserströme, Wirkung derselben auf die Bildung der Erdoberfläche, III. 81.
Wasseruhren I. 41.
Wega I. 269, 292. 304, 310, 313, 315, 373; II. 22, 23.
Weltaera IV. 562.
Weltaxe I. 198, 209; Bestimmung der Lage der W. I. 204; Ansichten der Alten über die W. I. 209.
Weltpol s. Nordpol (astron.).
Wendekreise IV. 483.
West I. 185; astron. I. 196.
Wetter IV. 424.
Wetteranzeigen III. 410.
Widder, Sternbild, I. 271, 278, 280, 284, 295, 302; α I. 394; ε I. 420.
Winde IV. 468; Land- und See-W. IV. 468; Entstehung durch Druck oder Saugen IV. 474; Geschwindigkeit der verschiedenen W. IV. 478; Einfluß der Bergketten und Hochebenen auf die Fortpflanzung der W. IV. 479; Einfluß des Mondes auf die W.-Richtung III. 409.
Winkel I. 17—24; Repetition der W. IV. 639.
Winkelbewegung I. 37; eigne W. der Sonne I. 234, 247.
Winkelmaaß, Sternbild, I. 275, 279.

Winter IV. 454.
Winterſolſtitium I. 204, 224.
Woche IV. 522; die Rangordnung der W.-Tage nach den Aſtrologen IV. 526; der 1. Tag der W. IV. 528; die Namen der Tage der W. bei den verſchiedenen Völkern IV. 529.
Wolf, Sternbild, I. 272, 279; μ I. 392.
Wolke, große, — Sternbild — I. 274, 279; kleine W., Sternbild, I 279.
Wüſte III. 48.
Zahl, güldene, ſ. Güldene Zahl.
Zeichen des Thierkreiſes I. 282.
Zeit, mittlere, I. 246; mittlere Z. im wahren Mittage I. 251; Meſſung der Z. durch die Bewegung der Sonne IV. 600; Meſſung der Z. bei den Alten I. 39, 40, 248.
Zeitmaaße I. 38; Einheiten der Z. I. 228.
Zeitmeſſung der Alten während der Nacht I. 40.
Zeitrechnung der Ruſſen IV. 555; Z. der Mohammedaner IV. 547, IV. 566; ſ. Jahr.
Zenith I. 184.
Zirkel, Sternbild, I. 275, 279.
Zodiakallicht ſ. Thierkreislicht.
Zodiakus ſ. Thierkreis.
Zonen der Erdoberfläche IV. 483; die kalten Z. IV. 483; arktiſche und antarktiſche Z. IV. 483; heiße, tropiſche Z. IV. 454, 483; nördliche und ſüdliche gemäßigte Z. IV. 484; die königliche Z. II. 100.
Zwillinge, Sternbild, I. 271, 279, 280, 291, 295; α ſ. Caſtor; β ſ. Pollux; δ I. 395; ζ I. 337; d I 310; g I. 310; H I. 310.
Zuſammenkunft ſ. Conjunction.

Berichtigungen.

Band XI.

S. 469 Die Zahlen der Anmerkungen 1 und 2 ſind zu vertauſchen.

Band XII.

S. 31 Zeile 6 von oben anſtatt ſüdliche lies nördliche.

Band XIII.

S. 87 Zeile 8 von oben anſtatt gehen lies gegen.
S. 179 Zeile 9 von unten anſtatt Klutſchaw lies Klutſchew.

Band XIV.

S. 129 Zeile 2 von oben anſtatt Egeeria lies Egeria.
S. 164 Zeile 20 von oben anſtatt Juillac lies Juliac.
S. 168 Zeile 15 von unten anſtatt 3 lies 9.
S. 173 Zeile 6 von unten anſtatt Achen lies Aachen.
S. 263 Zeile 4 von oben anſtatt Anblick lies Ausſehen.
S. 361 Zeile 2 von unten anſtatt Minehoad lies Mainehead.
S. 370 Zeile 3 von unten anſtatt Beſſell lies Beſſel.
S. 376 Zeile 14 und 21 von oben anſtatt 12 lies 32.
S. 549 Zeile 15 von oben anſtatt $365^1/_2$ lies $365^1/_4$.
S. 639 Zeile 4 von oben anſtatt Kreismikrometer lies Plattenmikrometer.

Bei **Otto Wigand**, Verlagsbuchhändler in Leipzig, ist erschienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

Deutsche

Kultur- und Sittengeschichte.

Von

Johannes Scherr.

Zweite, durchgehends umgearbeitete und vermehrte Auflage.

gr. 8. 1858. Preis 2 Thlr.

Die illustrirte Zeitung sagt über das Buch:

Dieses Werk, das in seiner kernigen Gediegenheit doch kein einziges Kulturmoment überhüpft, oder zu kurz abfertigt, möchten wir in ebenso vielen Händen erblicken, wie den Katechismus Luthers. Es ist ein Volksbuch, wie ihrer wenige geschrieben werden und giebt über das Woher unserer Nation so bündigen Aufschluß, daß über das Wohin gar keine Frage mehr entstehen kann.

Geschichte

der

deutschen Literatur.

Von

Dr. Johannes Scherr.

Zweite, durchgesehene und verbesserte Auflage.

Mit funfzig Portraits

der ausgezeichnetsten Dichter und Gelehrten deutscher Nation.

gr. 8. 1854. 1 Thlr. 10 Ngr. Schön geb. 1 Thlr. 20 Ngr.

Zoonomische Briefe.

Allgemeine Darstellung

der

thierischen Organisation

von **Dr. Hermann Burmeister**

Professor der Zoologie zu Halle.

1. u. 2. Bd. gr. 8. 1856. Preis 4 Thlr. 10 Ngr.

Physikalisches Lexikon.

Encyklopädie

der

Physik und ihrer Hülfswissenschaften: der Technologie, Chemie, Meteorologie, Geographie, Geologie, Astronomie, Physiologie ꝛc. nach dem Grade ihrer Verwandtschaft mit der Physik.

Zweite,

in Verbindung mit mehreren Gelehrten unter Benutzung der neuesten Schriften des In- und Auslandes neu bearbeitete, mit Angabe der Literatur und der Quellen bereicherte, mit mehreren Tausend in den Text gedruckten Abbildungen von Apparaten, Instrumenten und Maschinen ausgestattete und zahlreiche Tabellen enthaltende Auflage.

Vom

Prof. Oswald Marbach.

Fortgesetzt von

Dr. C. S. Cornelius,

Docent an der Universität Halle.

6 Bände à 10—12 Liefrgn. à 15 Ngr.

Erschienen sind bereits 68 Lieferungen.

Die Physik

faßlich dargestellt

nach ihrem neuesten Standpunkte.

Zum Gebrauch

für

höhere Unterrichtsanstalten, Studirende und Freunde der Naturwissenschaften

von

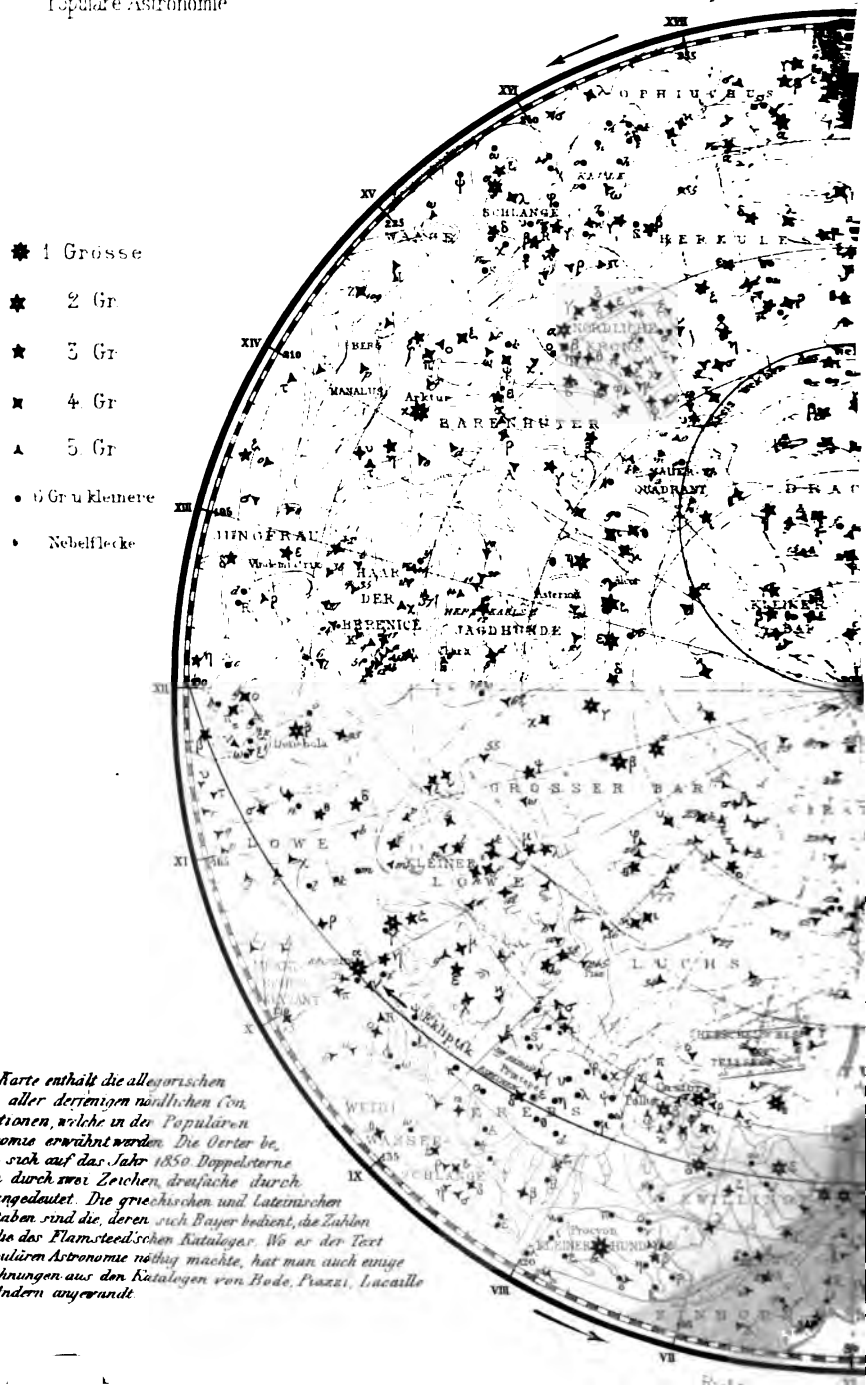
Dr. Benjamin Witzschel

Lehrer am Krause'schen Institut zu Dresden.

Mit 361 Holzschnitten und 2 lithographirten Tafeln Abbildungen.

2. Ausgabe. gr. 8. 1858. Preis 2 Thlr. 10 Ngr.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.



se Karte enthält die allegorischen der aller derjenigen nördlichen Con- llationen, welche in der Populären onomie erwähnt werden. Die Oerter be- hen sich auf das Jahr 1850. Doppelsterne den durch zwei Zeichen, dreifache durch angedeutet. Die griechischen und lateinischen hstaben sind die, deren sich Bayer bedient, die Zahlen d die des Flamsteed'schen Kataloges. Wo es der Text Populären Astronomie nöthig machte, hat man auch einige eichnungen aus den Katalogen von Bode, Piazzi, Lacaille Andern angewandt.

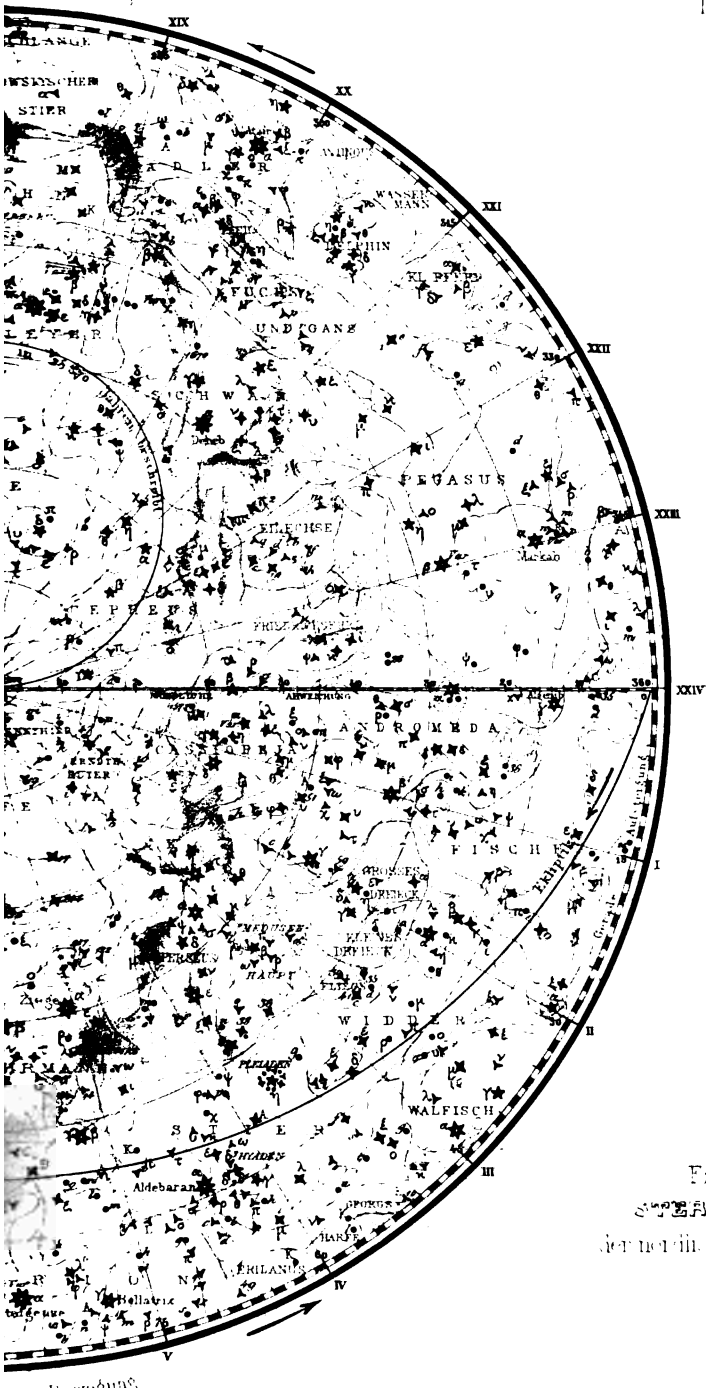
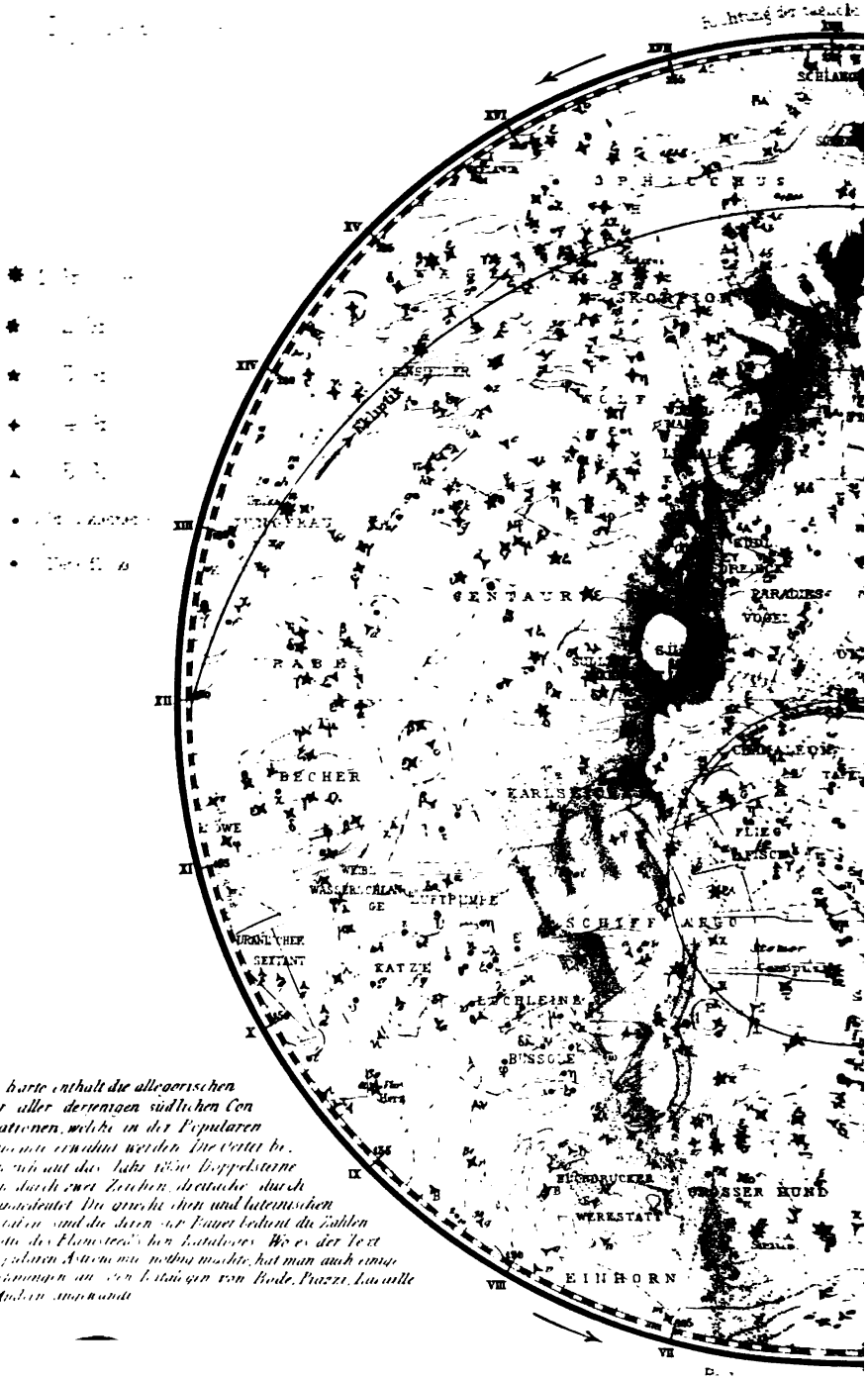


Fig. 1.

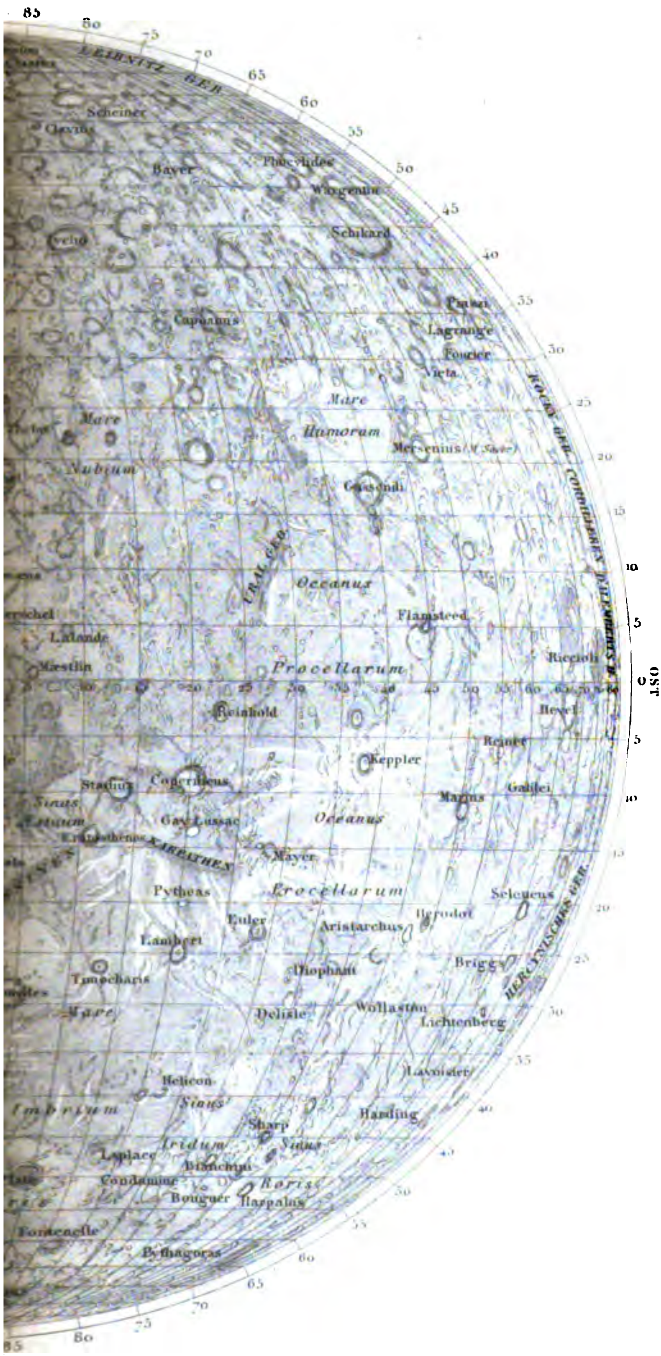
STERNBILDER

der nördlichen Halbkugel.



...se harte enthält die allegorischen
...der aller derjenigen südlichen Con
...llationen, welche in der Populären
...ernehmen werden. Die Oerter be-
...ich auf das Jahr 1850 Doppelsterne
...durch zwei Zeichen, dreifache durch
...angedeutet. Die griechischen und lateinischen
...sind die deren sich Bayer bedient die Zahlen
...des Flamsteed'schen Kataloges. Wo es der Text
...Astronomie nöthig machte, hat man auch einige
...Bezeichnungen an den Katalogen von Bode, Piazzi, Lacaille
...Andern angewandt.

WEST
Boussingault
Biela
Baco
Clairaut
Mare Australe
Fabricius
Metius
Maurolycus
Reichenbach
Piccolomini
Petavius
Polybius
Beaumont
Catharina
Tacitus
Mare
Theophilus
Descartes
Nectaris
Langrenus
Fecunditatis
Mare
Delambre
Maskelyne
Agrippa
Arago
Apollonius
Taruntius
Tranquillitatis
Palus
Somnii
Azout
Mare
Picard
Crisium
Macrobius
Plinius
Mare Serenitatis
Linné
Römer
Cleomedes
Posidonius
Lacus Somniorum
Gauss
Berzelius
Struve
Atlas
Hercules
Lacus Mortis
Eudoxus
Endymion
Mare Humboldtianum
Thales



LEIBNITZ GEB.
Scheiner
Clavius
Bayer
Phocylides
Wargentin
Tycho
Schikard
Piazzi
Capuanus
Lagrange
Fourier
Vieta
Mare
Humorum
Mare
Nubium
Mersenius
Gassendi
ROOK GEB.
CORDILLERES
DÖRFEL GEB.
URAL GEB.
Oceanus
Flamsteed
Lalande
Maestlin
Procellarum
Riccioli
OST
Reinhold
Hevel
Reiner
Keppler
Stadius
Copernicus
Galilei
Marius
Gay Lussac
Oceanus
Eratosthenes
KARPATHEN
Mayer
Pytheas
Procellarum
Seleucus
Herodot
HERCYNISCHES GEB.
Euler
Aristarchus
Lambert
Briggs
Diophant
Timocharis
Mare
Delisle
Wollaston
Lichtenberg
Lavoisier
Helicon
Imbrium
Sinus
Harding
Sharp
Iridum
Sinus
Laplace
Bianchini
Condamine
Roris
Bouguer
Harpalus
Fontenelle
Pythagoras

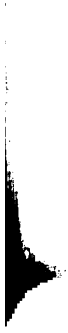


Fig. 301. Sonnenfinsterniss vom 24. Juni 1778.

Fig. 302. Sonnenfinsterniss vom 18 Juni 1806.

FIG. 303. Sonnenfinsterniss vom 8. Juli 1842.

FIG. 304. Sonnenfinsterniss vom 28. Juli 1851.